



Master Thesis

im Rahmen des

Universitätslehrganges “Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für Geoinformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

“Analyse der Habitatvernetzung im Kanton Bern“

Eine Vernetzungsanalyse basierend auf natürlichen und anthropogenen
Ausbreitungswiderständen

vorgelegt von

Dipl. Ing. Landschaftsarchitekt FH Yves-Xavier Maurer
U1309, UNIGIS MSc Jahrgang 2006

Zur Erlangung des Grades

“Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc (GIS)“

Gutachter:

Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Bern, 3. Oktober 2009

Vorwort

Bereits in der Berufslehre zum Forstwart erfuhr ich über die Vorteile guter Werkzeuge. Eine gut geschärfte Axt vereinfachte einem die Arbeit erheblich, das Hebelgesetz richtig angewandt schonte nicht nur den Rücken. In der Lehre durfte ich Werkzeuge und Techniken kennen lernen, die mir die harte Arbeit im Wald zu verrichten halfen. Praktizierend vertiefte ich die Kenntnisse um die Werkzeuge und lernte in den Praxisjahren diese produktiv und kreativ anzuwenden.

Nun, einige Jahre später, bin ich als Planer ausgebildet und habe mein neues Werkzeug definiert. GIS, ein Universalwerkzeug für den Planer, gut zu vergleichen mit einem Taschenmesser. Mit vielen Funktionen bestückt, mag es den Nutzer zu Beginn überfordern - mit zunehmender Erfahrung werden diese einzelnen Eigenschaften des Werkzeuges vertrauter und richtig kombiniert kann man überaus interessante Arbeit damit vollbringen. Mit meinem Masterstudium durfte ich analog meiner Praxisjahren im Wald die Werkzeuge des weiter erforschen und entdecken.

Der Natur bin ich treu geblieben. Mit meiner Arbeit will ich ein Werkzeug überprüfen, welches im Interesse all jener eingesetzt werden soll, welche die Landschaft bewusst oder unbewusst zu ihrem Wohl nutzen, für jene die dank der Landschaft existieren und besonders für all jene, welche die Nutzung der Landschaft planen und darüber befinden.

Ich danke meinen Lehrmeistern, namentlich Luigi Frigerio, Andreas Lienhard und Prof. Dr. Jochen Jaeger, für die Zeit die Sie mir gaben, um das Wissen im Umgang mit den Werkzeugen meiner Berufe umzugehen. Für die Unterstützung für die Umsetzung der Arbeit danke ich Herrn A.o. Prof. Dr. Josef Strobl der Universität Salzburg, dem UNIGIS Lehrgangsteam sowie Herrn Flurin Baumann vom Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern.

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

Ort und Datum

Eigenhändige Unterschrift

Zusammenfassung

Mit dem Vernetzungsgrad Kanton Zürich (VNG ZH), wurde an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) ein Landschaftsmass entwickelt, welches erlaubt die Lebensraumverbundsituation mittels Geoinformationssystemen (GIS) zu beurteilen. Die Lebensraumverbundsituation wurde mittels GIS Methoden räumlich modelliert und berechnet.

Im Rahmen dieser Arbeit wird die für den Kanton Zürich entwickelte Methode auf den Kanton Bern übertragen. Hierfür werden Datengrundlagen geschaffen, welche für die Modellierung der potentiellen Lebensraumvernetzung notwendig sind. Die Lebensraumvernetzung wird mit der Methode der „Kostendistanz-Analyse“ modelliert. Über die Ausbreitungsräume, die von den Kerngebieten aus gerechnet werden, können weitere Lebensräume erschlossen werden. Diese Gebiete (Habitate) gelten im Modell als potentielle Lebensraumflächen, die z.B. von einer migrierenden Tierart erreicht und genutzt werden können.

Die Methode der Berechnung wurde aus dem Projekt VNG ZH auf den Kanton Bern übertragen und adaptiert. Die adaptierten Landschaftsmasse „Vernetzungsgrad“ (VNG_i) resp. der „Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme“ (DHF_i), wurden präzisiert und mit dem „effektiven Vernetzungsgrad“ (VNG_{eff}) resp. der „effektiven distanzgewichteten Habitatflächenzunahme“ (DHF_{eff}) erweitert. Die Masse VNG_{eff} und DHF_{eff} wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt und erlauben eine Aussage zur Gesamtvernetzungssituation zu berechnen. Die Werte VNG_{eff} und DHF_{eff} beschreiben die durchschnittliche Grösse des Lebensraumes, welches ein Tier erreichen soll, das zufällig in einem der Kerngebiete ausgesetzt wird.

Die Modellierung der notwendigen Datenebenen erlaubt die Berechnung der oben genannten Landschaftsmasse. Mittels sechs Berechnungsvarianten konnte die Vernetzungssituation im Kanton Bern modelliert werden. Die Resultate wurden des Weiteren für die Evaluation der Einflüsse der Modellparameter genutzt und interpretiert.

Schlagwörter:

Landschaftszerschneidung, Lebensraumvernetzung, Ausbreitungsmodellierung, Kostendistanzanalyse, Landschaftsmasse

Abstract

At HSR (Hochschule für Technik Rapperswil) a landscape metric was designed by means of “Connectivity Canton Zurich” (VNG ZH). This metric facilitate an evaluation of the situation of bio-connectivity via Geo Information Systems (GIS). On that account the situation of bio-connectivity was spatially modelled and calculated via GIS methods.

Within the scope of this thesis, the method developed for Zurich is applied on the canton of Berne. For this purpose data necessary for the modelling of potential bio-connectivity, which is modelled on the basis of the Cost-Distance-Analysis are created. Through areas of proliferation, which are calculated starting from core areas, further habitat can be exploited. These areas (habitats) are considered within the model as potential habitat surfaces that can be reached and deployed by e.g. a migrating animal species

The adapted landscape metrics „connectivity” (VNG_i), respectively the „habitat surface increase dependent on distance“ (DHF_i) were specified and extended by the „effective connectivity“ (VNG_{eff}), respectively the „effective habitat surface increase dependent on distance“ (DHF_{eff}). The metrics VNG_{eff} and DHF_{eff} were developed within the scope of this thesis and hence allow an overall calculation of the situation of bio-connectivity within a specified area. The data VNG_{eff} and DHF_{eff} describe the average size of a habitat, which an animal haphazardly abandoned in a core area, should reach.

The modelling of necessary data levels facilitate calculations of the above mentioned landscape metrics. By employing six variants of calculation, the situation of bio-connectivity in the canton of Berne, was modelled. The results found were furthermore used and interpreted for the evaluation of the influence of model parameter.

Keywords:

Landscape fragmentation, Bioconnectivity, Cost-Distance Analysis, Landscape Metrics

Inhalt

VORWORT	2
ERKLÄRUNG DER EIGENSTÄNDIGEN ABFASSUNG DER ARBEIT	3
ZUSAMMENFASSUNG	4
ABSTRACT.....	5
INHALT	6
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	9
TABELLENVERZEICHNIS	12
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	14
1 EINLEITUNG	15
1.1 ZIELSETZUNG UND UNTERSUCHUNGSFRAGEN	18
1.2 FORSCHUNGSFRAGEN.....	19
1.3 ERWARTETE ERGEBNISSE	19
1.4 KURZBESCHREIBUNG DES PROJEKTS	20
1.5 ABGRENZUNG.....	20
1.6 ZIELPUBLIKUM.....	21
1.7 TERMINOLOGIE	21
2 LITERATURÜBERBLICK	22
2.1 RECHTLICHE GRUNDLAGEN	22
2.2 BEWERTUNGSMETHODEN IN DER LANDSCHAFTSPLANUNG.....	23
2.3 GIS - METHODEN ZUR AUSBREITUNGSMODELLIERUNG.....	25
2.4 ARTEN UND LEBENSRÄUME.....	29
2.5 WIDERSTANDSWERTE UND DURCHLÄSSIGKEITSMODELLE	30
3 METHODENENTWICKLUNG	36
3.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET	38
3.1.1 Kanton Bern	38
3.2 DATENGRUNDLAGE.....	42
3.2.1 Swisstopo	42
3.2.2 Kantonale Daten.....	43
3.3 DATENAUFBEREITUNG.....	44
3.4 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG MITTELS GIS.....	44
3.4.1 Raster GIS.....	44
3.4.2 Lebensraum- und Hinderniskataster.....	45

3.4.3	Widerstandswerte / Ausbreitungskosten	49
3.4.4	Kerngebiet und Trittsteine	53
3.4.5	Logische Ausbreitungsfunktion – Kostendistanzanalyse	54
3.4.6	Ausbreitungsebene und maximale Ausbreitungsdistanz	56
3.4.7	ESRI's ArcGIS + Modelbuilder.....	57
3.5	LANDSCHAFTSMASSE	58
3.5.1	Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme <i>DHFi</i> & <i>VNGi</i>	59
3.5.2	Die effektive distanzgewichtete Habitatfläche <i>DHFeff</i> und <i>VNGeff</i>	62
3.6	BERECHNUNGSBEISPIELE ZUR ERLÄUTERUNG DER LANDSCHAFTSMASSE	65
3.6.1	Distanzgewichtung in den Berechnungsbeispielen I bis VII	66
3.6.2	Situation I	67
3.6.3	Situation II	68
3.6.4	Situation III.....	69
3.6.5	Situation IV.....	70
3.6.6	Situation V.....	71
3.6.7	Situation VI & VII.....	72
3.6.8	Vergleich der Resultate der Berechnungsbeispiele	74
3.7	BERECHNUNGSVARIANTEN FÜR DIE LANDSCHAFTSMASSE DAS GEBIET DES KANTONS BERN ...	78
3.7.1	Kostenoberfläche - Variante Feuchtgebiete 1 - „FG1“	79
3.7.2	Kostenoberfläche - Variante Feuchtgebiete 2 – „FG2“	79
3.7.3	Variante Lebensraumkataster 01 (Irm_01).....	80
3.7.4	Variante Lebensraumkataster 02 (Irm_02).....	80
3.7.5	Variante Lebensraumkataster 03 (Irm_03).....	81
3.8	AUSWIRKUNG DER „REIHENFOLGE“ DER DATENZUSAMMENFÜHRUNG	81
4	RESULTATE	82
4.1	METHODE.....	82
4.2	PROZESSMODELLE & DATENEbenen.....	82
4.2.1	Datenaufbereitung	82
4.3	KOSTENDISTANZBASIERTES AUSBREITUNGSMODELL	83
4.3.1	Lebensraumkataster.....	83
4.3.2	Kerngebiete	85
4.3.3	Ausbreitungsebene.....	86
4.3.4	Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme DHF(i)	87
4.4	LANDSCHAFTSMASSE	89

4.4.1	DHF_{eff} und VNG_{eff}	89
4.4.2	Die Werte von DHF_i und VNG_i	89
4.5	KARTEN	90
4.5.1	50'000er – DHF Karte	91
4.5.2	80'000er.....	92
4.5.3	40'000er.....	93
4.5.4	20'000er.....	94
5	DISKUSSION	95
5.1	METHODE.....	95
5.2	PROZESSMODELLE & DATENEbenen.....	96
5.2.1	Datenebenen	96
5.2.2	Vergleichbarkeit / Übertragbarkeit	99
5.3	LANDSCHAFTSMASSE	99
5.3.1	Effektiver Vernetzungsgrad“ VNG_{eff} und „Effektive distanzgewichtete Habitatfläche“ DHF_{eff}	101
5.4	KARTEN	103
5.5	PARAMETER	105
6	SCHLUSS UND AUSBLICK	107
6.1	SCHLUSSWORT UND AUSBLICK	107
6.2	PERSÖNLICHES SCHLUSSWORT.....	108
7	LITERATURVERZEICHNIS	109
ANHANG.....		114
	ZEIGERARTEN-GILDEN DES REN	114
	LEBENSRAUMREKLASSIERUNG PRIMÄRFLÄCHEN (VEC25)	116
	LEBENSRAUMREKLASSIERUNG HEB (VEC25).....	116
	LEBENSRAUMREKLASSIERUNG GEWÄSSERNETZ (VEC25)	117
	LEBENSRAUMREKLASSIERUNG EINZELOBJEKTE (VEC25).....	117
	OOAF – REKLASSIERUNGSTABELLE (ÖKO-AUSGLEICHFLÄCHEN)	118
	LEBENSRAUM – WIDERSTANDSWERTEZUWEISUNG FG1 UND FG2	118
	KARTENWERKE	127

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.	Typisches Landschaftsbild des Schweizer Mittellandes. Gemeinden wachsen entlang von Verkehrsachsen zusammen.	16
Abb. 2.	Fuzzy-Membership-Funktion für das Landschaftselement „Strasse“. Quelle: (Grillmayer, et al., 2002)	35
Abb. 3.	Schematischer Ablauf und Aufbau der vorliegenden Arbeit in den 5 wichtigsten Schritten. In den Rechtecken sind Zwischenergebnisse resp. Resultate zu erwarten, die Rhomben beschreiben einen Prozess, meist geoprozessierende Modelle. Detaillierte Erläuterung und Kapitelzuweisung s. Tab. 8.....	37
Abb. 4.	Die Ausdehnung des Kantons Bern (Westen) im Vergleich zum Kanton Zürich (Norden).	38
Abb. 5.	Anteil der Beschäftigten nach Wirtschaftssektoren im Kanton Bern (KWO, 2003). ...	39
Abb. 6.	Wildschadengutachten 2008 Quelle: (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, 2008).....	40
Abb. 7.	Geschützte Waldflächen im Kanton Bern, Quelle: (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, 2008)	40
Abb. 8.	Ausschnitt aus dem Landschaftsmodell Vec25, Schattierung mittels Hillshade aus dem digitalen Höhenmodell, DHM25 (Daten: AGI, Amt für Geoinformation, Karte: Eigenproduktion)	42
Abb. 9.	Gelb dargestellt sind die Gebiete über 1800m im Kanton Bern (südlicher Teil des Kantons) Geländedaten: AGI.....	43
Abb. 10.	Vielfalt der Geodaten, die zu Landschaftsstrukturen uminterpretiert werden können. Daten: AGI Kt. Bern.....	46
Abb. 11.	Lineare Strukturen als Vektoren. Gezeigt sind die Gewässer (blau) und die Strassen	48
Abb. 12.	Lineare Strukturen als Raster. Gezeigt sind dieselben Elemente wie in Abb. 11	48
Abb. 13.	Der Lebensraumkataster mit den linearen Strukturen in der Region Thun.....	48
Abb. 14.	Die Ausbreitungskostenzuweisung (Reklassierung) führt zur Aggregation ähnlicher Lebensraumtypen in Kostengebiete. Die linearen Strukturen wurden in diesem Abbild in die Kostenoberfläche eingerechnet. Gebiet von Thun.....	49
Abb. 15.	Cost-Distance Theorie. „Real“-Kosten in der Ebene, Energieaufwändiges Migrieren (z.B. steiler Berg) oder energiesparendes, „erholsames“ Migrieren (talwärts gehen) (Illustration: Yves Maurer).	54
Abb. 16.	Ausbreitungsmodelle im Vergleich. Links die Ausbreitungsmodellierung wie sie mittels Kostendistanzanalyse ausgeführt wird. Von sämtlichen Gebieten aus, wandern gleichzeitig Arten aus. Die Lebensräume sind sehr schnell miteinander zu einem Komplex verbunden. Die Grafik rechts stellt die Ausbreitung dar, wie sie von einer Art die im Feld A1 startet von statten geht, bis sie sämtliche Gebiete erschlossen hat. Grafik: Yves Maurer.....	56
Abb. 17.	Ausbreitungsoberfläche zwischen den Feuchtgebieten A,B und C. Besonders die Wirkung der linearen Strukturen ist gut zu erkennen.	57

Abb. 18.	Abbildung der Ausbreitungsebene südlich von Thun, basierende auf der Kostenoberfläche Variante 2. (s. Kap 3.7).	59
Abb. 19.	Distanzgewichtung der Flächen in % über die Ausbreitungsdistanz in Meter. Diese Gewichtung wurde für die Berechnung der sechs Ausbreitungsvarianten verwendet.....	60
Abb. 20.	Das rot umrandete Gebiet entspricht dem Untersuchungsgebiet mit der Fläche F_{ref} . Die grünen und die graue Fläche zusammen entsprechen $F_{refcompl}$. Grafik: Yves Maurer	64
Abb. 21.	Gewichtung der Habitatflächenzunahme über Distanz in den Berechnungsbeispielen 1-7.	66
Abb. 22.	Berechnungsbeispiel DHF_{eff} & VNG_{eff} für die Situation I. Als Basis dienen die vier Flächen A1, A2, A3 und A4, die in den nachfolgenden Situationen nach und nach voneinander getrennt werden.	67
Abb. 23.	Habitatflächenzunahme als Funktion der Distanz in der Situation I. A_i entspricht der Fläche des einzelnen Kerngebiets, Diese Dimension ist nur in den Berechnungsbeispielen erwähnt um die Konsistenz der Berechnung unter Beweis zu stellen. Aneinanderliegende Flächen gelten in der Berechnungsmethode prinzipiell als eine Fläche.	67
Abb. 24.	Berechnungsbeispiel Situation II.	68
Abb. 25.	Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation II.....	68
Abb. 26.	Berechnungsbeispiel Situation III.	69
Abb. 27.	Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation III.....	69
Abb. 28.	Berechnungsbeispiel Situation IV. Die rote Linie stellt eine isolierende (unüberwindbare) Struktur dar.....	70
Abb. 29.	Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation IV.	70
Abb. 30.	Berechnungsbeispiel Situation V. Die rote Linie stellt eine unüberwindbare Barriere dar.	71
Abb. 31.	Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation V.	71
Abb. 32.	Berechnungsbeispiel Situation VI.	72
Abb. 33.	Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation VI.	73
Abb. 34.	Die abnehmende Wertigkeit DHF in m^2 über die zunehmende Zerschneidung.	74
Abb. 35.	Die abnehmende Wertigkeit des VNG in % über die zunehmende Zerschneidung.	75
Abb. 36.	Die abnehmende Wertigkeit DHF in m^2 über die zunehmende Isolation.	76
Abb. 37.	Die abnehmende Wertigkeit des VNG in % über die zunehmende Isolation.....	76
Abb. 38.	Die abnehmende Wertigkeit DHF in m^2 über die Extinktion von Flächen.	77
Abb. 39.	Die abnehmende Wertigkeit des VNG in % über die zunehmende Extinktion.	78
Abb. 40.	Ausschnitt aus der Tabelle für die Lebensraumtyp – Widerstandskostentabelle. Die Vollständige Tabelle ist im Anhang zu finden.	79
Abb. 41.	Ausschnitt aus der Grundlagendaten – Lebensraumtyp-Reklassierungstabelle. (Hier für die Primärflächen des Vector25 zu CostCode)	80

Abb. 42.	Ausschnitt aus dem Lebensraumkataster Variante 3. Die roten Punkte zeigen die Kreuzungspunkte offener Gewässer und dem Strassennetz. Diese neuralgischen Punkte wurden evaluiert, um den Einfluss der Strassendurchlässe auf die Vernetzungssituation aufzuzeigen.....	81
Abb. 43.	Das Modell zur Datenaufbereitung der Vektordaten vor der Rasterung. Dieses Modell teilt das Landschaftsmodell Vektor25 (Schweizerischen Landestopografie), sowie kantonale Daten in einzelne Lebensräume auf. Die blauen Elemente entsprechen den Originaldaten, die gelben den Prozessen und die grünen Kreise repräsentieren Zwischenresultate oder Endresultate.	84
Abb. 44.	Ausschnitt aus dem Modell zur Rasterung der Vektordaten: Zuweisung des „Cost-Codes“ und der Definition der Rasterzellengrösse. Rasterdaten enthalten nur einen Wert pro Zelle, die Attribute der Vektordaten hingegen können unendlich viele Attribute aufnehmen. Mittels „Cost-Code“ wird der einzelnen Rasterzellen ein Schlüssel (s. Kap. 3.7.1) zugewiesen, diesem in den weiteren Prozessschritten die für die Analyse notwendigen Informationen angehängt werden.	84
Abb. 45.	Der weisse „Zerobuffer“ um die Kerngebiete herum.....	85
Abb. 46.	Dieses Modell bereitet die Kostenoberfläche, sowie die Kerngebiete für die Ausbreitungsmodellierung auf. Dabei werden die Kerngebiete (inkl. der Trittsteine) aus dem Lebensraumkataster extrahiert.....	86
Abb. 47.	Modell zur Berechnung der Ausbreitungsoberfläche. Um die Berechnung so effizient wie Möglich zu halten, wurden die Ausbreitungswiderstände als integrale Werte gehalten. Dafür wurden die Widerstandswerte mit 10 multipliziert, die Ausbreitung um ein zehnfaches weiter gerechnet und im Anschluss wieder mit 10 dividiert. Dieser Umweg erlaubte auf die Nachkommastellen zu verzichten und dadurch die Ausbreitungsmodellierung um ein Vielfaches zu beschleunigen.	86
Abb. 48.	Prozessmodell zur Berechnung der Habitatflächenzunahme, sowie der Identifikation der Lebensräume die über die Distanz zu einem Lebensraumkomplex „zusammenwachsen“. Die Identifikation der Gebiete wurde mittels „Intersect“, der gemeinsamen Schnittmenge der Geometrien vollzogen.....	87
Abb. 49.	Ausschnitt aus der Abfrage in der Access-Datenbank. Diese führt die summierten Flächen der Lebensraumkomplexe (pro Distanz) zusammen und kombiniert diese mit der Information des Kerngebietes. Daraus resultiert die Tabellenansicht (Abb. 49).....	88
Abb. 50.	Datenverknüpfung im Excel aus der Datenbankabfrage der Habitatflächenzunahme. Die erste Spalte beinhaltet die ID des Kerngebietes. Die zweite Spalte beinhaltet die Habitateigenfläche, die folgenden Spalten die reine Habitatflächenzunahme (noch ungewichtet). Diese Tabelle beinhaltet für jedes der 3400 Habitate im Kanton die entsprechenden Flächenzunahmen.	88
Abb. 51.	Kartografische Darstellung des <i>DHFeff</i> in der Region der „Sieben Hengste“. Die von gelb zu braun verlaufenden Gebiete sind die Ausbreitungsgebiete resp. die Ausbreitunginseln welche darstellen, welche Räume von den Kerngebieten aus erreicht werden können. Hellgrün dargestellt sind jene Flächen welche mindestens das Mass des <i>DHFeff</i> erreichen, rot, jene die das Mass nicht erreichen.....	91
Abb. 52.	Lebensraumverbundsituation Variante A. Region Bern - Gürbetal. Die Werte in der Variante A stellen eine nur beschränkt permeable Landschaft dar. Die meisten Gebiete sind isoliert oder finden nur beschränkt Anschluss an weitere Lebensräume.	92

Abb. 53.	Lebensraumverbundsituation Variante 2D. Region Bern – Gürbetal. Im Vergleich zur Berechnung der Variante A (s. Abb. 51), finden die meisten Gebiete den Anschluss an den Lebensraumverbund, zumindest an Teile davon. Die Widerstände sind weniger restriktiv, vor allem aber sind die „Übrigen Flächen“ überwindbar.	92
Abb. 54.	Lebensraumverbundsituation Variante A. Region Spiez – Niesen. Es gilt dieselben Aspekte wie in Abb. 51 zu berücksichtigen.	93
Abb. 55.	Lebensraumverbundsituation Variante D. Region Spiez – Niesen. Derselbe Ausschnitt wie in Abb. 53, nur mit den Parameter wie bei Abb. 52. Gut zu sehen ist die trennenden Wirkung der Siedlungsräume (rosa dargestellt).	93
Abb. 56.	Lebensraumverbundsituation Variante A. Region Jaunpass – Weissenbach. In diesem sehr abgelegenen, montanen Gebiet, ist trotz der sehr stark wirkenden Widerstandswerte eine ziemlich gute Lebensraum-Vernetzungssituation anzutreffen.	94
Abb. 57.	Lebensraumverbundsituation Variante D. Region Jaunpass – Weissenbach. Die Ausbreitungssinseln in der Variante D zeigen eindrücklich auf, dass die Vernetzungssituation in dieser Region fast perfekt ist. Diese Situation auf der Karte erfordert eine kritische Auseinandersetzung mit den Widerstandswerten und der maximalen Ausbreitungsdistanz.	94
Abb. 58.	Gegenüberstellung der Wirkungen der Landschaftselementen. Braun sind die neuralgischen Punkte zwischen Strassen und Gewässer. Grün sind die Ausbreitungssinseln abgebildet. Im linken Bild wirken die Kreuzungspunkte als Sperre resp. Hindernd, rechts wurde diesen Punkten einen geringeren Widerstandswert zugewiesen, was dazu führt, dass die Lebensräume besser vernetzt sind. (s. auch Abb. 41).....	97
Abb. 59.	Randgebiete in der Region sieben Hengste. Obschon die Gebiete an die grossen Feuchtgebiete von kantonalem Interesse angebunden sind, erreichen diese den <i>DHFeff</i> nicht.	102
Abb. 60.	Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme in m ² für die Flächen 2269 und 2350..	103

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.	Terminologie.....	21
Tab. 2.	Zielarten der habitatbezogenen Verbundanalyse (Oberes Elbtal / Osterzgebirge)	29
Tab. 3.	Durchlässigkeitstabelle aus „Korridore für Wildtiere“ (Holzgang, et al., 2001). Der Bonitätswert entspricht der Qualität wie gut der Raum beim Stichprobenpunkt für eine Wildtierart . In der effektiven Analyse wird im Radius von 500m die Summe Bonitätswerte gemittelt und wiederum der Klasse zugewiesen. Der Bonitätswert entspricht dem Quadrat des Klassenwertes, weil davon ausgegangen wurde, dass die Beziehung zwischen den Landschaftselementen und der Durchlässigkeit nicht linear ist.....	31
Tab. 4.	Widerstandswerte aus Wildtierkorridore für Baden-Württemberg (Müller, et al., 2007). Die Widerstandswerte entsprechen dem Vielfachen an Energie die Aufgewendet werden muss, um sich durch den Raum zu bewegen. In diesem Fall entsprechen 100 Einheiten (m) dem widerstandlosen Aufwand	32
Tab. 5.	Widerstandswerte für die Indikatorarten Braunbär (<i>Ursus arctos</i>) und Luchs (<i>Lynx lynx</i>) nach (Köhler, 2005)	32

Tab. 6.	Koeffizienten für den gebietspezifischen Wanderungswiderstand je Einheit der Bodennutzungskarten, die bei einer Rastereinheitsweite von 100m zur Berechnung der Ausdehnung der einzelnen Kontinuum-Typen im Projekt Réseau Ecologique Nationale (REN), verwendet werden (Berthoud, et al., 2004).....	33
Tab. 7.	Bioindikative Relevanz einiger Tiergruppen für die Untersuchung der Elemente regionaler ökologischer Netzwerke (Berthoud, et al., 2004)	34
Tab. 8.	Inhalte der 5 wichtigsten Schritte der vorliegenden Arbeit.	38
Tab. 9.	Eckdaten der Kantone Bern und Zürich (Bundesamt für Statistik, 2009), (Statistisches Amt des Kanton Zürich , 2009), (Kanton Bern, 2009)	41
Tab. 10.	Übersicht über die Datenaufbereitung und Beschreibung der Arbeitsschritte und Resultate.....	44
Tab. 11.	Liste der Arten der einen Gilde, die im Kanton Zürich zur Bestimmung der Widerstandswerte verwendet wurden (Lienhard, et al., 2007).....	50
Tab. 12.	Reklassierungs-codes für den Lebensraumkataster	52
Tab. 13.	Widerstandswerte und deren Wirkung.....	52
Tab. 14.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation I.	67
Tab. 15.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation II.	69
Tab. 16.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation III	70
Tab. 17.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation IV.....	71
Tab. 18.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation V.....	72
Tab. 19.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation VI.....	73
Tab. 20.	Die Resultate <i>DHFi</i> , <i>VNGi</i> , <i>DHFeff</i> & <i>VNGeff</i> zur Situation VII.....	73
Tab. 21.	Variantenübersicht der Lebensraumkatasterkombinationen und der Kostenoberflächen.....	79
Tab. 22.	Gegenüberstellung des <i>VNGeff</i> und <i>DHFeff</i> der Berechnungsvarianten (A-F).....	89
Tab. 23.	Auszug aus der Resultattabelle mit der Gegenüberstellung des <i>DHFi</i> und <i>VNGi</i>	89
Tab. 24.	Gegenüberstellung Feuchtgebiete der Region „Sieben Hengste“ und dem gesamten Kanton	102
Tab. 25.	Wirkungen der Modell- und Methodenparameter.....	105

Abkürzungsverzeichnis

- AGI = Amt für Geoinformation
- AGR = Amt für Gemeinden und Raumordnung
- BfS = Bundesamt für Statistik
- DHF_i = distanzgewichtete Habitatfläche pro Kernhabitat
- DHF_{eff} = effektive distanzgewichtete Habitatfläche gesamtkantonal
- DHZ_i = Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme
- DHM25 = Digitales Höhenmodell, Landestopografie
- HEA_i = Habitatflächen-Eigenanteil
- LRM = Lebensraum
- LRM-Kat = Lebensraumkataster
- OAF = Ökologiosche Ausgleichflächen des Kanton Bern
- resp. = respektive
- u.A. = unter Anderem
- VEC25 = Vektor 25, Landschaftsmodell der Landestopografie
- VNG_i = Vernetzungsgrad pro Kernhabitat
- VNG_{eff} = effektiver Vernetzungsgrad gesamtkantonal
- VNG ZH = Vernetzungsgrad Kanton Zürich

1 Einleitung

Landnutzung Schweiz

Die Landschaft, in welcher wir leben, wird durch den Menschen intensiv genutzt. Die steigende Zahl der Bevölkerung, das wachsende Mobilitätsbedürfnis und die Zentralisierung von Dienstleistungen erfordern enorm viel Platz. Platz der zu Gunsten der Interessen der Gesellschaft, der Landschaft abgezweigt wird. Pro Sekunde schwindet in der Schweiz zu Gunsten von Infrastruktur und Siedlung 1m² Land zwischen 1992 und 1997 verschwanden so 29'800ha Boden von bester Bonität (Amt für Raumplanung, 2009).

Welchen Stellenwert die Landschaft in der Gesellschaft genau einnimmt ist schwer zu beurteilen. Als die Armee 1987 im Hochmoorgebiet von seltenster Schönheit einen Waffenplatz erstellen wollte wehrten sich die Stimmbürger vehement. Mit der Rothenthurm – Initiative wurde an den Landschaftschutz appelliert. Mit 57% Ja-Stimmenanteil (Schweizerische Bundeskanzlei, 1988) wurde der Artikel über den „Schutz der Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit“ in die Bundesverfassung aufgenommen.

Der letzte Aufschrei für den Schutz der Landschaft der auf grosses Echo stiess, datiert auf das Jahr 2005 / 2006 zurück, als die Gemeinde Galmiz für den Pharmaziekonzern Amgen 55 ha Land des grossen Moos im Kanton Freiburg für den Bau einer Forschungsstelle umzonen lassen wollte (Aktionskomitee Galmiz, 2006).

Auch wenn die direkte Demokratie erlaubt die Stimme gegen die Exekutive zu erheben, so sind es bislang nur die grossen Ereignisse in der Raumplanung die sich gegen die Bevölkerung beweisen müssen.



Abb. 1. Typisches Landschaftsbild des Schweizer Mittellandes. Gemeinden wachsen entlang von Verkehrsachsen zusammen.

Man darf den Fokus nicht einzig auf die „grossen“ Einzel-Geschehnisse richten, die Diskussion muss vielmehr über die schleichende Entwicklung der Landnutzung und deren Einfluss auf die Landschaft gerichtet werden. So stellt die Tageszeitung „Der Bund“ letztes Jahr fest, dass „der Wunsch nach einem Häuschen im Grünen zur radikalen Zersiedelung des Mittellandes“ führt und dass eine „koordinierte Planung gefragt“ sei (Bis das Land zur Stadt wird, 2008). Die Zersiedlung und Zerschneidung der Landschaft werden auf höchster, politischer Stufe thematisiert und diskutiert.

„Die Leute wollen steuergünstig im Grünen wohnen, frische Landluft ventilieren und erwarten, dass ihnen die gleiche Infrastruktur geboten wird wie in der Metropole.“ Zitat Bundesrat Moritz Leuenberger in seiner Rede vom 16. Januar 2008, am jährlichen Seminar für die Schweizer Regierungsräte, zum Thema der Agglomerationspolitik der Schweiz. Der Föderalismus überträgt die Verantwortung der Raumplanung auf die einzelnen Gemeinden und Kanton. So kann jeder Kanton und jede Gemeinde nach eigenen Interessen walten. Der Bundesrat eröffnete im Dezember 2008 die Vernehmlassung zur Revision des Bundesgesetzes. Das nun bereits 30 Jahre alte Raumplanungsgesetz entspricht nicht mehr den Anforderungen der Wirtschaft und Gesellschaft. Die Revision

des Raumplanungsgesetzes zielt vor allem auf die Koordination der Planung ab. Agglomeration und Ballungsräume, Räume die unabhängig von politischen Grenzen wachsen, sollen durch das revidierte Raumplanungsgesetz koordinierende Instrumente für die Planung erhalten (Bundesamt für Raumentwicklung, 2009).

Die Landschaft zu schützen bedeutet die Landschaft wahrzunehmen, die Komplexität die, in im Konstrukt „Landschaft“ steckt, zu verstehen und dieser entsprechend Rechnung zu tragen. Der Raum, den wir nutzen, ist ein endliches Gut, die Flächen bleiben gleich, das Verhältnis zwischen den Nutzungen verschiebt sich zunehmend. So wurden letztes Jahr 41'250 Wohnungen erstellt, vor zehn Jahren waren es noch 33'730. Eine Vierzimmerwohnung mass vor 50 Jahren im Durchschnitt 85m², heute 121m² (Der Platz wird knapp, 2009).

Planung, Planungsmethoden und GIS

Der Planer hat mit den geografischen Informationssystemen die Möglichkeit der Berechnung räumlicher Phänomene. Mittels GIS ist der Planer in der Lage, die Landschaft als gesamtes zu betrachten und über die Gesamtsituation zu urteilen. Diese „Objektivierung“ erlaubt, einen neutralen Blick auf das gesamte Untersuchungsgebiet zu werfen und dieses auf dessen Qualitäten zu bewerten. Die „nüchterne“ Betrachtungsweise eines komplexen Systems erlaubt den Entscheidungsträger aus Planung und Politik, sich über den Zustand der Landschaft zu informieren oder sich über die Einflüsse eines Vorhabens ins Bild zu setzen.

GIS- gestützte Entscheidungsgrundlagen finden vermehrt den Weg in die Ämter und Dienststellen der Gemeinden, Kantone und des Bundes. Die Vorteile objektiver Bewertungsmethoden in grossräumigen Gebieten sind nicht von der Hand zu weisen. Der Fokus auf ein einzelnes Gebiet birgt das Risiko, dass kleine Gebiete von grosser Bedeutung übersehen werden. GIS-Analysen erlauben grossräumige Betrachtungsweisen und dadurch eine in gewissen Sinne „objektive“ Darstellung von Werten. Die Zersiedelung der Landschaft wird auf bundesrätlicher Stufe bearbeitet, die Kantone erhalten den Auftrag die Landschaft als endliche Ressource zu behandeln, Initiativen verlangen ein Umzonungsmoratorium ausserhalb von Siedlungsgebieten über die nächsten 20 Jahre (Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, 2009). Die Bestrebungen nach einer Verdichtung nach Innen sind gross und dennoch verschwindet Tag für Tag Landschaft zu Gunsten der Siedlung ausserhalb der Siedlungszonen.

1.1 Zielsetzung und Untersuchungsfragen

Eine Vielzahl von Landschaftsmassen erlaubt die Fragmentierung der Landschaft zu messen, die räumliche Gliederung zu analysieren und Aussagen über den Raum zu formulieren. Der Vernetzungsgrad Kanton Zürich (VNG ZH) ist eine Methode, die unter Leitung von Andreas Lienhard an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR), im Auftrag des Kanton Zürich entwickelt wurde. Der VNG ZH wurde bisher weder publiziert, wissenschaftlich verifiziert noch auf ein weiteres Gebiet übertragen. Mit der vorliegenden Masterthesis wird die Methode des Kanton Zürich auf den Kanton Bern übertragen, angepasst und auf ihre Konsistenz überprüft.

Das Expertenmodell, das im Kanton Zürich entwickelt worden ist, basiert auf vielen Parametern, welche durch eine eigens zusammengestellte Expertengruppe, evaluiert und validiert wurde. Das Projekt VNG ZH brachte Karten hervor, die die Vernetzungssituation sehr plausibel darstellen. An dieser Stelle drängt sich die Frage auf, wie weit ein Modell, das mit viel lokalem Wissen entwickelt worden ist, auf einen anderen Kanton übertragen werden kann, von welchem kein Expertenwissen zur Verfügung steht.

Nebst dem Expertenwissen, muss die Datenverfügbarkeit, die im Kanton Bern nicht derselben entspricht wie jener in Zürich in Betracht gezogen werden. Da weniger Daten und Informationen zu diesen zur Verfügung stehen, muss eine Vielzahl der Informationen „verallgemeinert“ und interpretiert werden. Was hat dies zu Folge? Sind konzeptuelle Modelle, die auf weniger präzisen Daten aufbauen, zwangsläufig weniger genau?

Des Weiteren müssen die Ergebnisse konsistent sein. Sind die Resultate des Kantons ZH plausibel? Sind jene des Kantons Bern ähnlich oder schlechter? Die kantonalen Unterschiede sind immens. Welche Faktoren sind wie stark zu gewichten? Welche Granularität kann die Ergebnisse wie stark beeinflussen?

1.2 Forschungsfragen

Folgenden Fragen soll die Arbeit begegnen:

- Kann ein GIS-Modell die potentielle Ausbreitung von Arten im Raum simulieren und hierdurch die Potentiale für eine verbesserte Vernetzungssituation aufzeigen?
- Ist die Vernetzungssituation zwischen ähnlichen Lebensräumen für einzelne Lebensräume mittels eines Landschaftsmasses messbar?
- Wie kann mit einem planerischen Werkzeug auf eine effiziente Art der potentielle Einfluss grossräumiger Planungen auf die Vernetzungssituation ermittelt werden?
- Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, um die gesamtkantonale Situation zu beurteilen?

Technische Fragen

Welche Faktoren beeinflussen die Modellierung der Vernetzungssituation wenn diese mittels GIS nachgebildet wird? Welche Auswirkung haben die Parameter im Analysemodell?

- Welche Datengrundlagen sind für eine Habitatmodellierung notwendig?
- Wie wirken sich die Datensätze und die Interpretation derselben auf die Modellierung aus?
- Ist die Messung der Vernetzungssituation mit den verwendeten Landschaftsmasse überhaupt sinnvoll?
- Wird die Auswirkungen einer Änderung überhaupt angezeigt?

1.3 Erwartete Ergebnisse

- Methodenanwendung auf neues Zielgebiet (Kanton Bern)
- Kritische Modellparameter definieren
- Fundierte Beschreibung der Landschaftsmasse
- Darstellung der Vernetzung im Kanton Bern für einen Lebensraum
- Erweiterte Aussagen über die aktuelle Vernetzungssituation im Kanton
- Evaluation der Daten, die eine flächendeckende Analyse erlauben
- Diskussion der Übertragbarkeit

1.4 Kurzbeschreibung des Projekts

Der VNG ZH basiert auf der Datenebene des Lebensraumkatasters (LRM-Kataster), einem Datensatz der die Lebensräume systematisch beschreibt (Delarze, et al., 1998). In 25m² kleinen Flächen ist der Kanton in Lebensräume eingeteilt. Basierend auf dem LRM-Kataster wurden die Widerstandswerte für die Migration und Ausbreitung von Tier- und Pflanzenarten zwischen den Schutzgebieten von kantonaler Bedeutung aufgesetzt. Ausgehend von den Schutzgebieten und Lebensrauminselfn (Trittsteinen) wurde die Vernetzungssituation zwischen den einzelnen Gebiete im Kanton berechnet.

Aufbauend auf der Methode des Kanton Zürich, wird das Modell auf den Kanton Bern übertragen werden. Aus den verfügbaren Daten des Kantons müssen plausible Datenebenen erstellt werden, auf diesen erfolgen dann die Ausbreitungsanalysen und die Berechnungen der Landschaftsmasse. Mittels Varianten werden die einzelnen Parameter auf ihre Wirkung im Modell überprüft, zur Diskussion gestellt und weiterentwickelt.

1.5 Abgrenzung

Landschaftsökologische Aspekte verlangen fundiertes Fachwissen über die Fauna und Flora. Als Landschaftsarchitekt möchte ich mein gesamtes Wissen um diese Zusammenhänge einsetzen, weiss aber, dass dieses nicht genug fundiert ist, um Expertisen auszusprechen. Vor allem aber fehlt es mir an lokalen Kenntnissen. Während ich den Kanton Zürich sehr gut kenne, ist der Kanton Bern für mich Neuland. Dies heisst, dass die Plausibilitätsüberprüfung ohne diese (eminent wichtigen) lokalen Kenntnisse bewältigt wird.

In der Arbeit werden alle Faktoren parametrierbar beibehalten. Die Resultate aus der GIS Modellierung dienen als Diskussionsgrundlage sowie der Nachvollziehbarkeit, welche Informationen mittels welchen Daten gewonnen werden können. Die Pläne im Anhang dienen der weiteren Diskussion der Methode, gelten aber nicht als fertige Produkte, die ohne weitere Expertisen verwendet werden dürfen.

1.6 Zielpublikum

Die Methode der „distanzgewichtete Habitatfläche“ Kanton Bern gibt planenden Institutionen eine zusätzliche Beurteilungsmethode für Planungen in raum- und landschaftsplanerischen Kontext. Die Möglichkeit, die räumliche Konstellation von ähnlichen Räumen zueinander zu werten, erlaubt eine einfache Kommunikation der Vernetzungssituation. Entscheidungsträger, aber auch die Planenden, können den Einfluss einer räumlichen Veränderung plausibel berechnen und vermitteln.

1.7 Terminologie

Die in der Arbeit beschriebenen Landschaftsmasse: VNG_i , VNG_{eff} , DHF_i und DHF_{eff} , werden in der vorliegenden Arbeit als „Vernetzungsgrad“ bzw. „distanzgewichtete Habitatfläche“ beschrieben. Für die vorliegende Arbeit wurde die Vernetzungssituation der Feuchtgebiete des Kanton Bern untersucht. Hierfür wurde jene Gilde (s. Tab. 1) (repräsentative Gruppe von Tierarten) verwendet, die von der Expertengruppe im Kanton Zürich, für das Projekt VNG ZH definiert wurde. (s. Tab. 11)

Tab. 1. Terminologie

Lebensraum	Ein Lebensraum beschreibt ein Gebiet in welchem die (Lebens-) Bedingungen ähnlich sind. Lebensräume werden nach dem Werk „Lebensräume der Schweiz“ (Delarze, et al., 1998) klassiert.
Gesamtlebensraum	Summe der Flächen aller Lebensräume, die a) auf die Vernetzung analysiert werden und b) die gleiche Ausprägung haben.
Ausbreitungsgebiet / Ausbreitungsebene / Lebensraumbrücken	Gesamtes Gebiet, welches von Tieren durchwandert und erreicht werden kann, inkl. der Kernhabitate.
Lebensraumkataster	Nach Delarze et al. klassierter, flächendeckender Kataster der die Ausprägung der darunterliegenden Fläche in Lebensräumen (Lebensraumqualität) beschreibt.
Habitat / Kerngebiet Kernhabitat	Lebensraum von kantonaler oder regionaler Bedeutung.
Trittsstein	Gebiet, welches die Qualitäten eines Habitats oder Kerngebietes hat, nicht aber von kantonaler oder regionaler Bedeutung ist.
Cost-Distance Analysis = Kostendistanzanalyse = Ausbreitungsanalyse =	Die Analysemethode, die erlaubt, die Ausbreitung im Raum zu modellieren. Sie basiert auf der Wechselwirkung zwischen Energieaufwand und den natürlichen Widerständen im Raum.
Reklassierung	Die Zuweisung von Werten an einen Datensatz, um Eigenschaften neu zu definieren.
Gilde	Eine Gruppe von Tierarten, die in einem Lebensraum vorkommt. Die Gilde vertritt gewissermassen die Anforderungen an die Struktur im Raum, in welcher die repräsentativen Arten existieren..
Granularität	Körnigkeit, Dimension der kleinsten Einheit der räumlichen Analyse. Kann auch als „Auflösung“ bezeichnet und verstanden werden.

2 Literaturüberblick

2.1 Rechtliche Grundlagen

Das Raumplanungsgesetz geht auf das Jahr 1979 zurück und beinhaltet den Artikel 17 der Schutzzone. Lebensräume für schutzwürdige Tiere und Arten werden explizit als schutzwürdig betrachtet (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1979). Die Frage nach dem Raum drängt sich auf. Was sind Schutzzone? Sichtbare, wertvolle Lebensräume wie zum Beispiel Hochmoore sind schutzwürdig und unterliegen dem Schutz des Staates. Über den nationalen Schutz eines schützenswerten Objektes befindet der Bundesrat nach Anhörung der Kantone als Antragsteller, siehe NHG 1966, Art. 18 ff. (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1966).

Was aber ist mit den nicht sichtbaren Verbindungen zwischen den wertvollen Lebensräumen? Welche Verbindungsachsen existieren überhaupt? In welchen Korridoren (Holzgang, et al., 2001) bewegen sich Tiere? Das Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) sieht den Schutz von „schutzwürdigen Arten und Lebensräumen vor“ (NHG, 1966). Es beinhaltet die sichtbaren und wertvollen Landschaftsobjekte, nicht aber explizit die Gebiete, die für die Arten die Migration zwecks Vermehrung, Nahrungssuche, Revierabgrenzung, etc. erlaubt.

2.2 Bewertungsmethoden in der Landschaftsplanung

Landschaftsbild

Der primäre, ästhetische Eindruck der Landschaft ist subjektiver Natur. Diese emotional geprägte Interpretation der Landschaft erschwert in Planungsvorhaben die objektive Betrachtungsweise auf ein Planungsgebiet. Um eine möglichst objektive Beurteilung über die Landschaft zu wahren, beurteilt der Planer das Landschaftsbild auf der „ganzheitlichen, sinnlichen Wahrnehmung“ (Bolliger, et al., 2002).

Die Auseinandersetzung mit dem Landschaftsbild hat zum Ziel, die Landschaft als Ganzes, wertfrei zu betrachten. Die objektive Betrachtungsweise der Landschaft erlaubt die Landschaft „nüchtern“, zu erfassen und dadurch die Empfindlichkeit auf Veränderungen zu bewerten und abzuschätzen in welchem Grad die Veränderungen der Landschaft beisetzen oder schaden.

Biotopmodellierungen

Die Biotopmodellierung dient als Basis für naturräumliche Analysen, wie sie in der vorliegenden Arbeit bearbeitet wird. Der Lebensraum (Delarze, et al., 1998) definiert den Habitus der Landschaftselemente. Die Charakteristika der Landschaft werden mittels eines Systems definiert, das die Landschaft schematisch klassieren lässt. Nach Delarze, et al. (1998) sind die Lebensraumtypen in 9 Lebensraumbereiche respektive 39 Lebensraumkategorien eingeteilt. Die Lebensraumtypen, die als feinste Granularität des Systems gelten, sind in der Anzahl nicht begrenzt und lassen sich nach Bedarf anpassen und erweitern.

Die Komplexität der Natur und ihrer Funktionen im Raum zu beurteilen, erfordert viele Informationen und fundiertes Wissen über die naturräumlichen Funktionsweisen. Die Funktionen der Biotopvernetzung variieren von Art zu Art, vor allem scheiden sich die Geister der Forscher um das Thema der Vernetzung der Landschaft über Korridore. Nach (Newmark, 1993) oder (Beier, et al., 1998) kann die Biodiversität über eine intakte Vernetzungssituation erhalten oder erhöht werden und sowohl die Aussterbewahrscheinlichkeit reduziert und Inzuchterscheinungen vermieden werden. Dazu kommen die Vorteile des Schutzes vor Prädatoren während der Migration und auch die Möglichkeit, in solchen lebensraumnahen Gebieten kurzweilig zu überleben. Dagegen argumentieren (Cox, et al., 1992), dass die Korridore zu den vorher genann-

ten Aspekten gegenteilig wirken. Demnach sollen Populationen wegen Inzesterscheinungen nicht stärker gefährdet sein als durch andere Gefahren (Exktinktion, Prädatoren). Hobbs (1992) will den effektiven Wert der Biotopverbindungen nicht beurteilen, schliesst aber, dass „es einfacher sei, diese Verbindungen jetzt zu erhalten als später zu ersetzen“.

Das Gutachten „Korridore für Wildtiere in der Schweiz“ (Holzgang, et al., 2001) porträtiert die Vernetzungssituation für Grosssäuger in der Schweiz. Die Arbeit hat zum Ziel, die überregionalen Wildtierkorridore auszuscheiden und aufzuzeigen, an welchen Stellen diese unterbrochen oder beeinträchtigt sind. Die Arbeit bewertet aber nicht die ökologische Wichtigkeit der Korridore. Es werden keine qualitativen Aspekte genannt, diese z.B. der Priorität der Sanierung oder Aufwertung dienen.

Quantifizierbarkeit naturräumlicher Gegebenheiten

„Das Minimumareal kann niemals das anzustrebende Ziel, sondern immer nur die unterste Alarmstufe einer ernstgemeinten Naturschutzstrategie sein.“ (Lienhard, 2005)

Die Quantifizierung der naturräumlichen Phänomene ist ein Resultat der Abbildung der Natur und ihrer Funktionen in Datenmodellen, basierend auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. Die bislang erwähnten Projekte beschreiben primär den Ist-Zustand der ökologischen (Vernetzungs-)Situation in der Landschaft und stellen sie auf Karten grafisch dar. Im Projekt „Landschaftszerschneidung Schweiz“ (Jaeger, et al., 2007) werden Zeitreihen genutzt um die Entwicklung der Zerschneidung der Landschaft in der Schweiz darzustellen. Die Retrospektive erlaubt die Darstellung der Veränderung zu aktuellen Situation. Die Messung landschaftlicher Phänomene kann auf qualitativen wie auch auf quantitativen Aspekten beruhen. Die Frage „Wie stark zerschnitten ist diese Landschaft?“ und „Wie stark hängen verbleibende Teilebensräume zusammen?“, sind durchaus nicht einfach zu beantworten (Lang, et al., 2007).

Landschaftsstrukturmasse erlauben eine Quantifizierung der Landschaft. Das oben zitierte Standardwerk für die „Landschaftsanalyse mit GIS“ (Lang, et al., 2007), bietet einen Überblick über die Hauptkategorien der strukturellen Landschaftsmasse und klassiert sie wie folgt:

- Heterogenität
- Flächenanalyse
- Kernflächenanalyse
- Randlinienanalyse

- Formanalyse
- Nachbarschaftsanalyse
- γ -Diversität
- Zerschneidung

Mittels Strukturmassen können quantitative wie auch qualitative, räumliche Messungen berechnet werden. Ein besonderes Augenmerk muss der effektiven Maschenweite m_{eff} von Jochen Jaeger gewidmet werden. Die effektive Maschenweite ist eine Kennzahl für die Grösse der verbleibenden Restflächen in der durch Siedlung, Verkehrslinien und sonstige infrastrukturelle Anlagen zerschnittenen Landschaft. Die effektive Maschenweite geht von der Modellvorstellung aus, dass sich zwei Tiere, die zufällig und unabhängig voneinander im betrachteten Gebiet ausgesetzt werden, begegnen können (Jaeger, 2000), (Lang, et al., 2007). Die Zerschneidung, als Kehrseite der Münze der Vernetzung betrachtet, dient in der vorliegenden Arbeit als wichtiges Element bei der Erarbeitung der Landschaftsmasse (s. Kap. 3.5).

2.3 GIS - Methoden zur Ausbreitungsmodellierung

Die Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrsinfrastrukturen, die Zersiedlung, sowie die Intensivierung der Nutzung der Landschaft sind die Hauptgründe für den heutigen Artenrückgang. Die Ausbreitung der Arten unterscheidet sich in der Fortbewegung innerhalb und zwischen den Populationen. (Oggier, et al., 2001) So wird unterschieden zwischen:

Bewegung innerhalb der Populationen:

- Tägliche Verschiebung zwischen Schlafplatz, Futterplatz und/oder Rückzugsort,
- Jährliche Wanderung zu Fortpflanzungsplätzen.
- Wanderung von Sommer- zu Winterlebensräumen und zurück.

Bewegung zwischen Populationen:

- Dispersion: einmalige, nicht gezielte Wanderung von Tieren, um neue Territorien bzw. Fortpflanzungsplätze zu finden
- Dissemination: Tiere kolonisieren verwaiste oder neue Gebiete, sofern diese erreichbar sind.

Ein Produkt aller Bestrebungen des Schutzes der Vernetzung in der Schweiz ist das REN, das Nationale ökologische Netzwerk aus dem Jahr 2004 (Berthoud, et al., 2004). Das REN stellt den landesweit vernetzten Lebensraumverbund dar und ermöglicht dabei, einen Gesamtüberblick über ökologische Gruppen resp. ihr Lebensraumpotential zu gewinnen. Das REN hat jedoch nicht zum Ziel, detaillierte Verbreitungskarten

zu erstellen, sondern Lebensraumnetzwerke zu definieren, um etwa mit einem minimalen Aufwand die Projektwirkung auf die Schutzziele der Sachbereiche Flora, Fauna und Landschaft zu bestimmen.

Im Grunde genommen werden natürliche Gegebenheiten in Datenmodellen abgebildet, reklassiert und mittels (angenommenen) Verhaltensmustern von Arten so umgerechnet, dass z.B. Wildtierkorridore (Holzgang, et al., 2001) oder Durchlässigkeitsmodelle für Grosssäuger resultieren. (Grillmayer, et al., 2002), (Köhler, 2005) und (Berthoud, et al., 2004).

Die Modelle der obengenannten Arbeiten erlauben, die Wildtierkorridore zwischen Kerngebieten zu modellieren. In der Annahme, dass Arten sich entlang von artenfreundlichen Strukturen (Leitstrukturen) besser fortbewegen können als in artfremden Gebieten, werden die Bewegungsräume (Wildtierkorridore) modelliert. Das Durchlässigkeitsmodell (Holzgang, et al., 2001) definiert die Qualität der Naturräume im Bezug auf das Migrationsverhalten der Tierarten (s. Kap. 2.4).

Raster-GIS vs. Vektor-GIS

Geoinformationssysteme erlauben, räumliche, wie auch natürliche Phänomene abzubilden und in ihrer Funktion virtuell nachzuahmen. Kern aller genannten Modelle ist das Abbild der Landschaft in ein Datenmodell und die Anwendung einer Methode zur Simulation der räumlichen Funktionen. In der Praxis erlauben zweierlei GIS-Grundsysteme die Erarbeitung der Methoden. Einerseits wird mit Vektorgeometrien, andererseits mit Raster GIS gearbeitet.

„Das Vektormodell eignet sich zur Abbildung räumlich diskreter Objekte, also aller Entitäten, die in räumlichen Einheiten klar abgrenzbar sind. [...] diskrete räumliche Gegebenheiten [...] werden durch Punkt, Linien oder Flächendaten abgebildet“ (Lang, et al., 2007). Im Gegensatz zum Vektor-Modell steht das Raster-Modell. Die Daten werden dabei in einem gleichmässigen, quadratischen Raster abgebildet. Bei der Bestimmung des Inhalts der Daten wird das statistische Mittel, der darunterliegenden Gegebenheit (z.B. der Bodendeckung, Landnutzung, Säuregehalt, Strahlung, ...) als Wert oder Code der Zelle zugewiesen.

Die Wahl des Grundsystems wirkt sich nebst dem Informationsgehalt, auch auf die Methoden der Analyse aus. Die an die Werkzeuge gekoppelten Verfahren der räumli-

chen Analyse, stehen im direkten Zusammenhang mit dem Analyseprozess, entsprechend auch der verfügbaren (softwarebedingten) Methode(n).

Anwendungen von Habitats- und Ausbreitungsmodellierungen mittels GIS

Die Ausbreitung zwischen Habitaten ist in einer Vielzahl von Projekten erörtert worden vergleiche hierzu (Compton, et al., 2007), (Köhler, 2005), (Lienhard, et al., 2007).

Die Vielfalt der beschriebenen Methoden, um die nicht sichtbaren Verbindungen zwischen den Habitaten zu berechnen, basieren auf räumlichen Strukturen die den Arten die Möglichkeit geben, sich auszubreiten (Berthoud, et al., 2004), (Grillmayer, et al., 2002), bis hin zu Widerstandsmodellen die den physikalischen Gesetzen des elektrischen Stromes folgen (McRae, et al., 2007). Agentenmodelle simulieren die Ausbreitung von Tierarten, basierend auf deren Ansprüchen an die Landschaft und der Verhaltensweisen hinsichtlich Migration, Nahrungssuche, Wanderdistanzen, etc. Aus den Agentenmodellen können Räume abgeleitet werden, um über die Ausbreitungskorridore respektive die Landschaftsvernetzung Erkenntnisse zu gewinnen.

Die radiale Sichtkantenanalyse wurde im Rahmen des Zielartenkonzept Baden-Württemberg (ZAK) entwickelt und angewandt (Reck, et al., 1996). Dabei wird die Konnektivität zwischen Habitaten bewertet. Basierend auf der Methode der Focal-Patch Analyse wird dabei berechnet, welche Sichtkanten (Aussengrenzen der Habitate) „gesehen“ werden. Diese Distanzen werden gerastert und invers gewichtet, aufsummiert und dem Kernhabitat zugewiesen. Diese Bewertungsmethode wurde zudem in einer „Kostenlandschaft“ (Joos, 2005) ausgeführt, wobei die radiale Ausbreitung an Hindernissen resp. unüberwindbaren Barrieren endete. Ebenso auf der Kostenlandschaft (s. Kap. 2.4) aufbauend wurde mit dem Projekt „Nationales ökologisches Netzwerk REN“ in der Schweiz ein Projekt umgesetzt, das die Lebensraumverbundsituation auf nationaler Ebene betrachtet. Projekte mit einer ähnlichen Methodenanwendung der Kostenlandschaft, um die Vernetzungssituation darzustellen, wurden mit der „Habitatvernetzung Österreich“ (GIS-Modellierung von Mobilitäts-Widerstandswerten für waldbevorzugende, wildlebende Grossäuger in Österreich) (Köhler, 2005) sowie mit dem Projekt „Korridore für Wildtiere in der Schweiz“ (Holzgang, et al., 2001) umgesetzt. Im Projekt „Korridore für Wildtiere in der Schweiz“ wurde nicht die Ausbreitung von Kerngebieten aus definiert, sondern der

Ansatz der Durchlässigkeit der Landschaft verfolgt. Dabei wird die Landschaft in „Durchlässigkeitsstufen“ klassiert.

Zur Definition von Wildtierkorridoren im Raum diente ein Expertenmodell im Projekt „Fuzzy Logic basiertes Durchlässigkeitsmodell zur Analyse der Habitatvernetzung von Rotwild“ (Grillmayer, et al., 2002). Ebenso auf Barrierewerten wurde die Durchlässigkeit der Landschaft für Wild berechnet. Mittels „Least-Cost-Analyse“ wurden hierbei die Wildtierkorridore (Migrationsachsen) nach ihrer Länge (Wanderdistanzen) zwischen den Kernhabitaten ausgewertet. Die 10 resultierenden Zonen repräsentieren die Durchlässigkeit und die Wahrscheinlichkeit, wo am ehesten die Migrationsachse verläuft.

Andreas Lienhard hat mit seinem „Bewertungsmodell zur Beurteilung des Vernetzungsgrades ausgewählter Biotoptypen in einem Landschaftsraum“ bereits 1996 an der Hochschule für Technik Rapperswil einen Anlauf genommen, die Messung der Ausbreitung von Arten zwischen Habitaten mittels GIS quantitativ messbar zu machen. Analog im nachfolgenden Abschnitt beschrieben, bediente sich Lienhard der Funktion der Ausbreitungskosten (Cost-Distance) zur Evaluation der Ausbreitungsräume der Arten in der Stadt Zürich. Lienhard nennt in vier Punkten die Problematik des damals noch wenig erforschten Themas (Lienhard, 1996).

- Erweiterte fundierte Untersuchungen zu Minimumarealen / Metapopulationen wichtiger Leitarten für die unterschiedlichen Lebensraumtypen;
- Ausbreitungsverhalten in unterschiedlichen, habitattypischen Strukturen, wobei die Strukturdefinition sich möglichst auf bereits vorhandene Grundlagen und bestehenden Klasseneinteilungen stützen soll;
- Ermittlung kritischer Verbunddistanzen für einen ausreichenden Individuenaustausch in Metapopulationen;
- Modellprüfung mit begleitenden Felduntersuchungen: Stimmen die mit dem Modell gemachten Voraussagen mit der Praxis überein?

Trotz der offenen Forschungsfragen konnten mit den ersten Modellen die „Ausbreitungs-Landschaft“ modelliert werden, „Isolierte Lebensräume“ ermittelt und „schmale Vernetzungsbrücken“ identifiziert werden. Diese Methode bestimmte die Vernetzungssituation nicht quantitativ.

2.4 Arten und Lebensräume

Repräsentative Arten und ihre Lebensraumansprüche sind in sämtlichen Biotopmodellierungen von eminenter Wichtigkeit. Arten, zu Gilden vereint, definieren das „Zielpublikum“ einer Habitatverbundanalyse. Die ökologische Biotopverbundplanung baut in der Habitatverbundanalyse im Planungsgebiet „Oberes Elbtal / Osterzgebirge (DE)“ auf zwei Planungsschritten auf (Herzog, et al., 2007):

- i) Die biotopbezogen Verbundplanung, die auf einer Bewertung der Biotopausstattung des Planungsgebiets abzielt,
- ii) artbezogenen Verbundplanung, die auf der Habitatmodellierung basiert.

Tab. 2. Zielarten der habitatbezogenen Verbundanalyse (Oberes Elbtal / Osterzgebirge)

Dt Name	Wissenschaftl. Name	Kurzcharakteristik
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	Lebensraum Fließgewässer, Fortbewegung schwimmend, Langstreckenwanderer
Fischotter	<i>Lutra lutra</i>	Lebensraum Fließgewässer, Fortbewegung an den Boden gebunden, Langstrecke
Gebänderte Prachtlibelle	<i>Calopteryx splendens</i>	Lebensraum Fließgewässer, Fortbewegung fliegend, Mittelstrecke
Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	<i>Maculinea nausithous</i>	Lebensraum Feuchtwiesen, Fortbewegung fliegend, Kurzstrecke
Wechselkröte	<i>Bufo viridis</i>	Lebensraum Stillgewässer, Fortbewegung an den Boden gebunden, Mittelstrecke
Rotbauchunke	<i>Bombina bombina</i>	Lebensraum Stillgewässer, Fortbewegung an den Boden gebunden, Kurzstrecke
Feuersalamander	<i>Salamandra salamandra</i>	Lebensraum Feuchtwälder, Fortbewegung laufend, Kurzstrecke
Grosses Mausohr	<i>Myotis myotis</i>	Lebensraum Laubwälder, Fortbewegung fliegend, Langstrecke
Warzenbeisser	<i>Decticus verrucivorus</i>	Lebensraum trockenes Offenland, Fortbewegung an den Boden gebunden (gelegentlich fliegend), Kurzstrecke

Für die Habitatverbundanalyse Kanton Zürich wurden 9 Zielarten (s. Tab. 2) ausgewählt, die aufgrund ihrer Fähigkeit zur aktiven Ortsveränderung für Verbundbetrachtungen geeignet sind. Arten für folgende Lebensraumtypenkomplexe wurden für das Projekt definiert:

- Still- und Fließgewässer,
- Offen- und Halboffenland,
- Wälder.

Folgende Fortbewegungstypen sind hierbei berücksichtigt:

- Schwimmend,
- Laufend,
- Fliegend.

Für die Erarbeitung des REN, dem „Nationalen ökologischen Netzwerk“ der Schweiz, wurden ebenso Gilden verwendet. Gilden werden als „ökologisch nahe stehende Arten bezeichnet, welche dieselben Habitats nutzen“ (Berthoud, et al., 2004);(Tab. 1). Die Lebensräume wurden in folgende Kontinuen zusammengefasst:

- Netzwerk der Waldgebiete höherer Lagen,
- Netzwerk extensiver Landwirtschaftsgebiete,
- Netzwerk Trockenwiesen,
- Kontinuum der Feuchtgebiete,
- Netzwerk der aquatischen Lebensräume.

Das REN baut auf der Landnutzungskartierung des Bundesamtes für Statistik auf, die Bodendeckung der Landschaft in 74 Grundkategorien (Bundesamt für Statistik, 2007) beschreibt. Die Bodendeckung wird im REN als Lebensraum interpretiert und dient der Modellierung der Durchlässigkeit, respektive der Ausbreitungsräume (ökologisches Netzwerk).

2.5 Widerstandswerte und Durchlässigkeitsmodelle

Wie in GIS-Methoden (s. Kap. 2.3) zusammengefasst ist, basieren eine Vielzahl der Vegetations- und Migrationsanalyse-Modelle auf den Funktionen „Least-Cost“, respektive „Cost-Distance“ (Berthoud, et al., 2004) (Grillmayer, et al., 2002) (Köhler, 2005).

Die Kostenoberfläche definiert, wie sich Arten resp. Gilden durch die Landschaft bewegen können. Es ist die Kostenoberfläche, die aussagt, mit welchem Aufwand eine Art sich durch die Landschaft bewegen kann und wo sie sich nicht mehr fortbewegen kann.

„Least-cost path analysis is then used to find the shortest functional distance between two points“ (Compton, et al., 2007). Auf derselben Methode aufbauend, nicht aber nach dem kürzesten Weg ausgerichtet, ist die Kosten-Distanzanalyse. „Gegenüber der gängigen Anwendung von Pufferbildungen bietet die gewichtete Distanzanalyse den Vorteil, Landschaften nicht als binäre Systeme (Ausbreitung möglich / nicht mög-

lich) betrachten zu müssen. Sie offeriert hingegen die Möglichkeit die Ausbreitungseignung verschiedener Landschaftselemente differenziert abzubilden“ (Herzog, et al., 2007).

Die Widerstandskosten-Ausbreitungsmethode ist eine populäre Methode zur Berechnung der Ausbreitungsgebiete bestimmter Tierarten oder Gilden. In einer Vielzahl von Projekten, welche die Kostenwiderstands-Methode verwendet haben, haben sich die Bearbeiter mit der Klassenbildung der Widerstandswerte auseinandersetzen müssen. Nachfolgend werden die Widerstandswerte aufgelistet, die in verschiedenen Projekten angewandt wurden (Tab. 3 -Tab. 7). Die Ansätze variieren hinsichtlich der Zuweisung der Widerstandswerte an die Landschaftselemente (Lebensräume) und der Definition der „Passierbarkeit“. In beiden Fällen werden die Widerstandswerte dem Landschaftsmodell, für die Modellierung der Kostenoberfläche zugewiesen.

Tab. 3. Durchlässigkeitstabelle aus „Korridore für Wildtiere“ (Holzgang, et al., 2001). Der Bonitätswert entspricht der Qualität wie gut der Raum beim Stichprobenpunkt für eine Wildtierart . In der effektiven Analyse wird im Radius von 500m die Summe Bonitätswerte gemittelt und wiederum der Klasse zugewiesen. Der Bonitätswert entspricht dem Quadrat des Klassenwertes, weil davon ausgegangen wurde, dass die Beziehung zwischen den Landschaftselementen und der Durchlässigkeit nicht linear ist.

Klasse	Bonität	Beschreibung
1	1	Unpassierbar: Siedlung und Autobahn
2	4	Schwer passierbar oder starke Behinderung: Fels (Nur Daten innerhalb der Schweiz), See sowie Emissionsperimeter (100m) um die Siedlung und Autobahn
3	9	Mässige Durchlässigkeit: offene Landschaft, wobei nicht zwischen intensiver und extensiver Landwirtschaft unterschieden wurde. Die Dichte des Strassennetzes wurde nicht mit einbezogen.
4	16	Raum für die Bewegung, v.a. für Waldgebundene Wildtiere: Pufferzone von 500m um den Wald.
5	25	Raum für Besiedelung und Bewegung durch die Wildtiere: Wald und Naturschutzgebiete

Folgende Tierarten dienten der für die Einschätzung der Bonitierung der Landschaft bei den Stichproben:

- Rothirsch (*Cervus elaphus*),
- Wildschwein (*Sus scrofa*),
- Reh (*Capreolus capreolus*),
- Gämse (*Rupicapra rupicapra*).

Des Weiteren wurden die nachfolgenden Tierarten zur Einschätzung der Durchlässigkeit betrachtet:

- Rotfuchs (*Vulpes vulpes*),
- Dachs (*Meles meles*),
- Steinmarder (*Martes martes*),
- Felhase (*Lepus europaeus*),
- Steinbock (*Capra ibex*).

Tab. 4. Widerstandswerte aus Wildtierkorridore für Baden-Württemberg (Müller, et al., 2007). Die Widerstandswerte entsprechen dem Vielfachen an Energie die Aufgewendet werden muss, um sich durch den Raum zu bewegen. In diesem Fall entsprechen 100 Einheiten (m) dem widerstandlosen Aufwand .

Bodendeckung	Widerstand
Wald	100
Brache	200
Grünland	300
Landwirtschaft	500
Wasserflächen	800
Siedlung	10'000

Für das Projekt „Wildtierkorridore für Baden-Württemberg“ wurden als Referenztierarten ausschliesslich Gams- und Rotwild betrachtet.

Tab. 5. Widerstandswerte für die Indikatortierarten Braunbär (*Ursus arctos*) und Luchs (*Lynx lynx*) nach (Köhler, 2005)

Barrierewert	Verbale Beschreibung des Barrierewiderstandes
1	Absolute Barriere
0.8	Schwer überwindbare Barriere
0.6	Überwindbare Barriere (wird z.B. überwunden um Nahrungsangebot zu erschliessen, z.B. Maisfeld, Zuckerrübenfeld, usw.)
0.4	Leicht überwindbare Barriere
0.2	Sehr leicht überwindbare Barriere
0	Keinerlei Beeinflussung durch die Landwirtschaft

Tab. 6. Koeffizienten für den gebietsspezifischen Wanderungswiderstand je Einheit der Bodennutzungskarten, die bei einer Rastereinheitsweite von 100m zur Berechnung der Ausdehnung der einzelnen Kontinuum-Typen im Projekt Réseau Ecologique Nationale (REN), verwendet werden (Berthoud, et al., 2004)

Kategorie der Bodennutzung (Geostat)	Waldgebiete < 1200 m	Feuchtgebiete	Trockenstandorte	Extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete	Waldgebiete > 1200m und Wiesen	
Bestockte Flächen (09-16)						
Höhe < 1200m	0	5	5	5	5	
Höhe >1200m	5	30	100	100	0	
Ausenwälder	0	5	5	5	5	
Intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen (71-75, 78-82)	30	100	100	5	100	
Unproduktive Flächen:	30	100	100	100	5	
Fels, Gletscher (98, 99, 90)						
Extensiv genutzte Ldw. Flächen	Wiesen, Weide, Hecken (17-19, 82-84,76-77)	5	5	0	0	100
	Maiensässe, Heualpen, Alpweiden (85-89)	30	100	100	30	0
Seen (91)	30	5	100	100	100	
Fliessgewässer, Uferböschungen. Nassstandorte (69,92,93, 95, 96)						
Gebäude, Industrieareale, Infrastruktur (25-29,45-49,61-66,20-24)	100	100	30	100	100	
Verkehrsflächen (30-38, 67-68)	100	100	100	100	100	
Erholungs- und Grünanlagen (51-59)	30	30	30	30	30	

Tab. 7. Bioindikative Relevanz einiger Tiergruppen für die Untersuchung der Elemente regionaler ökologischer Netzwerke (Berthoud, et al., 2004)

ZEIGERARTEN-GRUPPEN:	Reh, Wildschwein	Gämse, Rothirsch, Raufusshühner	Marder, Igel, Spitzmäuse, Wühlmäuse	Feldhasse, Feldhuhn	Xarophile Reptilien, Geradflügler, Schmetterlinge	Mesophile, hydrophile Reptilien, Amphibien	Wassersäkten und -vögel, Libellen, Biber, Fische, Krebse	Fledermaus, Schwalben
KONTINUUM :								
Wälder tieferer Höhenlage	sehr gut	gut			gut	gut		
Waldgebiete und Weiden in höheren Lagen	gut	sehr gut			gut			
Extensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete			sehr gut	sehr gut				
Thermophiles, extensiv bewirtschaftetes Grünland	gut		gut	gut	gut	gut		sehr gut
Sumpfiges Grünland					sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
Aquatische Lebensräume (Teiche und Fließgewässer)						gut	sehr gut	
Felsiges Gebiet tieferer Höhenlage		gut						
LANDSCHAFTSSTRUKTUREN:								
Waldränder, Hecken	gut		sehr gut	gut	gut	gut		gut
Böschungen, Sonnenhänge			gut	sehr gut	sehr gut			gut
Täler, Schattenhänge	gut	gut				sehr gut		
Wasserläufe							sehr gut	sehr gut
Ufervegetation	gut	gut				gut	gut	gut
Bergkämme		gut						
Waldzwischengebiete	sehr gut							

Eignung der Gruppe als Indikator: ■ sehr gut ■ gut schlecht bis unbrauchbar

Eine weitere Dimension der Passierbarkeit ist der Kostenkoeffizient welcher nach (Grillmayer, et al., 2002) den Widerstandswerten zugewiesen wird. Im Durchlässigkeitsmodell wird die zeitliche Dimension betrachtet: Die Strassen erhalten einen zusätzlichen Faktor zugewiesen, welcher die Durchlässigkeit als Funktion der Tageszeit darstellt. Diese zusätzliche Information wird als „Fuzzy-Membership-Funktion“ bezeichnet (s. Abb. 2).

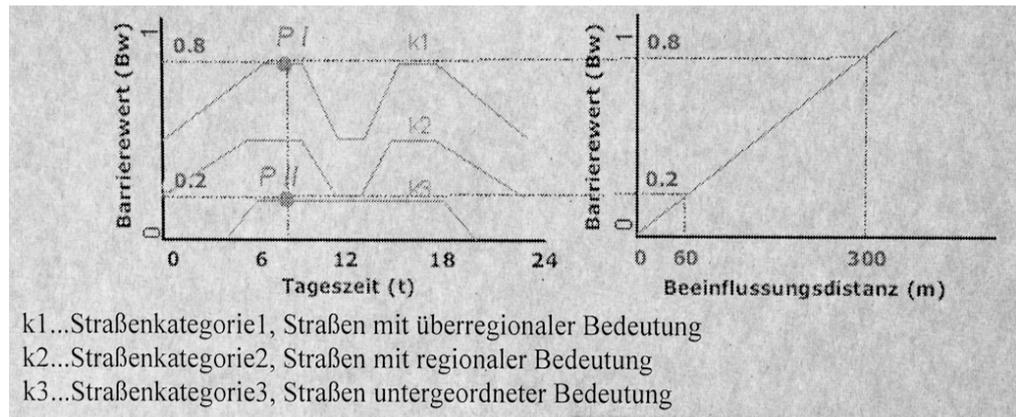


Abb. 2. Fuzzy-Membership-Funktion für das Landschaftselement „Strasse“. Quelle: (Grillmayer, et al., 2002)

3 Methodenentwicklung

Um die Vernetzungssituation der wichtigsten Lebensräume im Kanton Bern zu beurteilen, wird die Methode der Messung des Vernetzungsgrades des Kantons Zürich (VNG ZH) verwendet. Dieses Mass wurde entwickelt, um die potentiellen Ausbreitungsgebiete von Arten zu identifizieren und die dadurch erreichbaren Habitats zu evaluieren. Als erreichbare Habitats gelten Lebensräume von kantonaler Bedeutung, welches sich im Ausbreitungsgebiet eines anderen Lebensraumes von kantonaler Bedeutung befindet.

Über die Ausbreitung nimmt die, einer Population, zur Verfügung stehende Habitatfläche zu. Diese Flächenzunahme über die Ausbreitungsdistanz (Wanderdistanz) wird im Modell des Kantons Zürich als Vernetzungsgrad (VNG ZH) quantitativ ausgedrückt.

Basis dieser Analyse bildet der Lebensraumkataster (s. Kap. 3.4.2), welchem Widerstandswerte (s. Kap. 3.4.3) bzw. ausbreitungsbegünstigende Eigenschaften zugewiesen werden. Die aus der Reklassierung resultierende Kostenoberfläche bildet die Basis für die Ausbreitungsmodellierung mittels der Kostendistanzmethode.

Ausgehend von Kerngebieten (s. Kap.3.4.4) von regionaler und nationaler Bedeutung wird die potentielle Ausbreitung (s. Kap. 3.4.5) berechnet. Die Ausbreitungsoberfläche dient der Ermittlung, welche Habitats sich in welchen Ausbreitungseinseln (in sich geschlossene Gebiete) befinden. Die Datenmodellierung erlaubt, die effektive Habitatflächenzunahme pro Kerngebiet in Abhängigkeit vom der gewählten Ausbreitungsdistanz zu evaluieren. Die Flächenzunahme als Funktion der Distanz dient der

Berechnung der Landschaftsmasse (s. Kap. 3.5, sowie Tab. 8). Die Methode des Vernetzungsgrad des Kantons Zürich bildet die Basis, um die Vernetzungssituation im Kanton Bern zu modellieren und die Übertragbarkeit zu diskutieren (s. Kap. 5).

Einen Überblick über den Prozess und über die vorliegende Arbeit (Struktur) bietet die Diagrammübersicht (s. Tab. 8). Der Bericht ist chronologisch entsprechend dem nachfolgenden Ablauf aufgebaut.

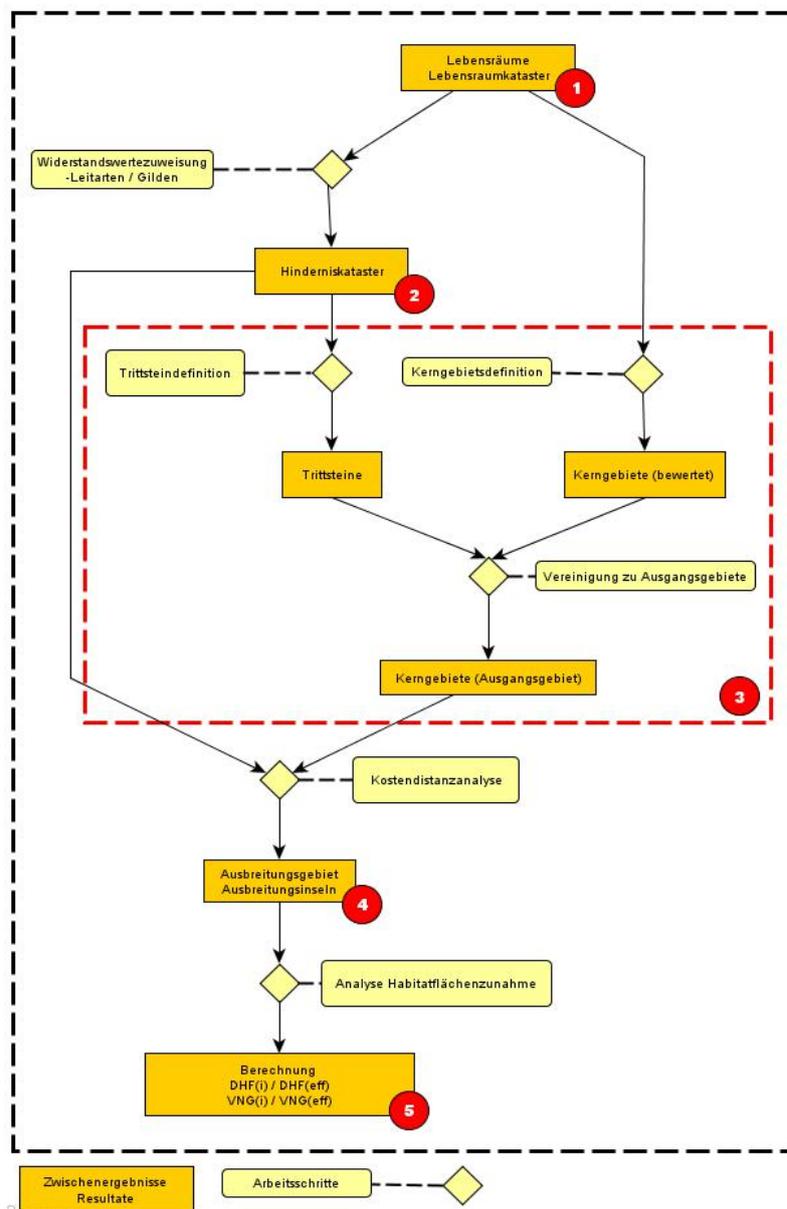


Abb. 3. Schematischer Ablauf und Aufbau der vorliegenden Arbeit in den 5 wichtigsten Schritten. In den Rechtecken sind Zwischenergebnisse resp. Resultate zu erwarten, die Rhomben beschreiben einen Prozess, meist geoprozessierende Modelle. Detaillierte Erläuterung und Kapitelzuweisung s. Tab. 8

Tab. 8. Inhalte der 5 wichtigsten Schritte der vorliegenden Arbeit.

Schritt	Inhalt
1	Definition des Untersuchungsgebietes, bestimmen der Lebensräume von Interesse, Bestimmen der Arten, resp. Gilden für die
2	Reklassierung Lebensraumkataster (Widerstandszuweisung)
3	Trittsteinfunktionen, Kerngebietsdefinition,
4	Ausgangsgebiet, Kostendistanzanalyse, Ausbreitungssinseln / Ausbreitungsgebiete
5	Berechnung Landschaftsmass, Weiterentwicklung, Distanzgewichtung, Plausibilitätsprüfung

3.1 Untersuchungsgebiet

3.1.1 Kanton Bern

Das Untersuchungsgebiet umfasst den gesamten Kanton Bern. Dieser erstreckt sich vom nordwestlichen Jura bis zum nördlichen Alpenkamm, wo er im Süden an den Kanton Wallis grenzt (s. Abb. 4).

„Der Kanton Bern bietet mit den Grosslandschaften Alpen, Mittelland und Jura sozusagen ein Abbild der Schweiz im Kleinen. Unterschiedliche Landschaften, Klimata und Vegetationen schaffen hier eine einzigartige Vielfalt. Wasser ist überall gegenwärtig: Flüsse und Seen prägen das Bild der Landschaft und schaffen wertvolle Erholungsräume.“ (Bern, 2009)

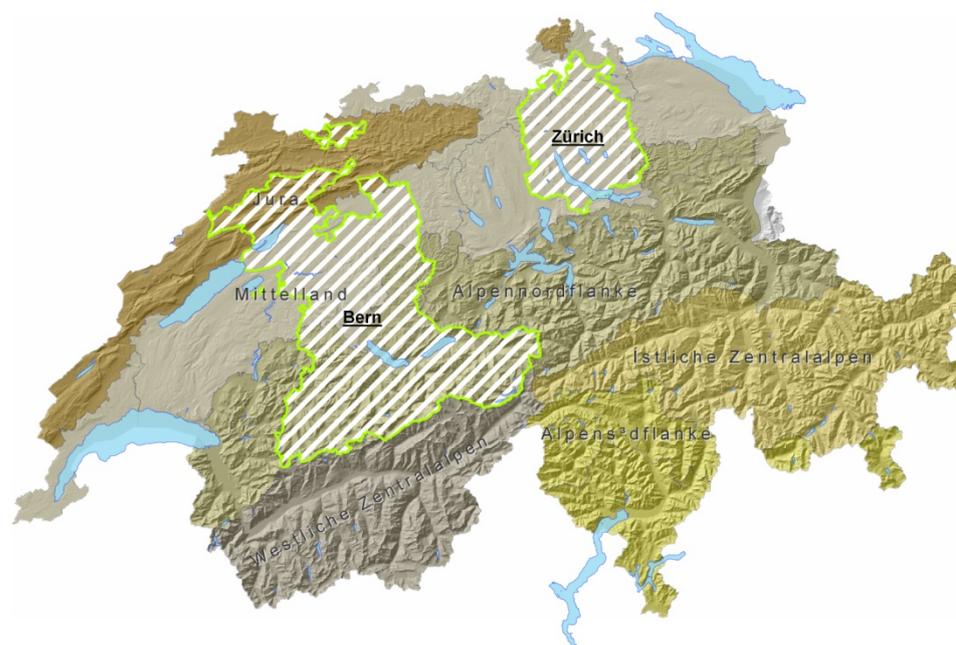


Abb. 4. Die Ausdehnung des Kantons Bern (Westen) im Vergleich zum Kanton Zürich (Norden).

Wirtschaftssektoren

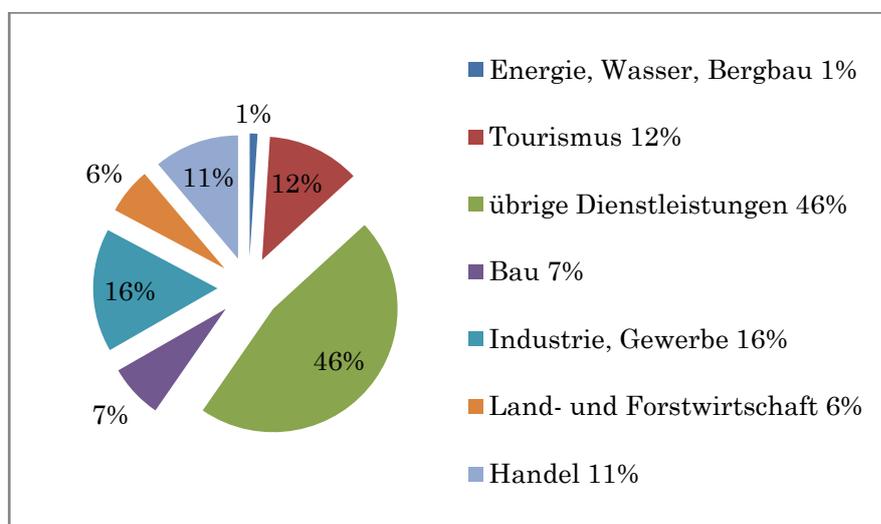


Abb. 5. Anteil der Beschäftigten nach Wirtschaftssektoren im Kanton Bern (KWO, 2003).

Landwirtschaft

„Der Kanton Bern weist mit 12'000 Betrieben ein Fünftel der Schweizer Landwirtschaftsbetriebe auf. In Bezug auf Fläche und Milchkontingent sind die Berner Betriebe etwas kleiner als der Schweizer Durchschnitt. Der Strukturwandel ist im Berggebiet stärker als im Mittelland (s. Abb. 5).

Die Berner Landwirtschaft verfügt im Tal-, Hügel- und Berggebiet über vorteilhafte Produktionsbedingungen. Im Quervergleich erwirtschaftet sie einen überdurchschnittlichen Einkommensanteil aus Nebeneinkommen. Als Schwäche gelten die kleinräumigen Betriebsstrukturen (LANAT, 2003).

Forstwirtschaft

178'490 ha Wald umfasst das bewaldete Gebiet im Kanton Bern (s. Abb. 6, Abb. 7). Davon sind 34% der Fläche auf die Voralpen verteilt, 27% Alpengebiet, 25% im Mittelland und 14% Jura. Regional gesehen auf die Fläche bezogen hat der Jura mit 47% den grössten Anteil an Wald. In den letzten 20 Jahren nahm die Waldfläche des Kantons um 5% zu. 20% der Waldfläche trägt die Funktion des Schutzwaldes inne. 550 Mitarbeitende sind im Wald tätig. (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, 2008)

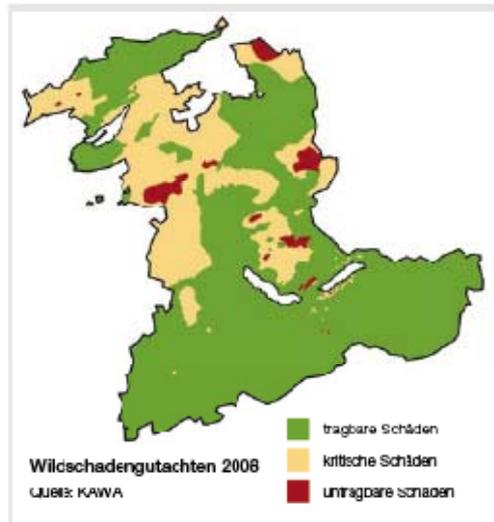


Abb. 6. Wildschadengutachten 2008 Quelle: (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, 2008)

Die Wildschäden halten sich in Grenzen. Sehr lokal sind diese nicht tragbar. Durch den Sturm Lothar wurde das Kronendach aufgerissen und der Wald bietet in der Konsequenz für das Wild ein besseres Futterangebot und weniger Verbisschäden.

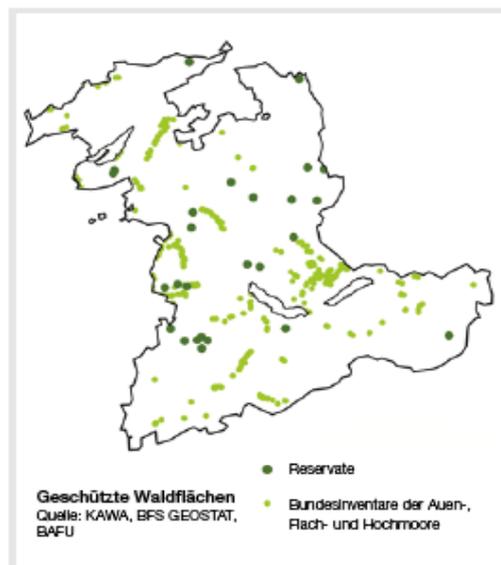


Abb. 7. Geschützte Waldflächen im Kanton Bern, Quelle: (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, 2008)

In biologischer Hinsicht sind die Wälder des Kantons Bern höchst artenreich. 1/3 der bekannten Arten der Schweiz sind vertreten. 15 Nadel- und 35 Laubbaumarten sind darin vertreten. 2% der Waldflächen sind als Reservate gesichert. 14'500ha Wald werden von Privatbesitzern seit über 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet, diese Flächen haben im Stillen den Status von Reservaten (Amt für Wald, 2008).

Vergleich der Kantone Zürich und Bern in Zahlen

	Kanton Bern	Kanton Zürich
Fläche	5'959km ²	1'729km ²
Einwohner	1'326'775	962'982
Einwohnerdichte	162 Einw./km ²	767 Einw./km ²
Tiefster Punkt	401,5 m / Aare bei Wynau	330 m / Hochrhein bei Weiach
Höchster Punkt	4'274 m / Finsteraarhorn	1'293 m Schnebelhorn

Tab. 9. Eckdaten der Kantone Bern und Zürich (Bundesamt für Statistik, 2009), (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2009), (Kanton Bern, 2009)

3.2 Datengrundlage

3.2.1 Swisstopo

Die Schweizerische Landestopografie in Bern ist für die Kartenwerke der Schweiz zuständig. Folgende Datensätze wurden von der Landestopografie verwendet. Diese Daten wurden freundlicherweise vom Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR) für die Masterarbeit zur Verfügung gestellt.

Vector 25

Das Landschaftsmodell Vektor 25 basiert auf den Schweizer Landeskarten, die im Masstab 1:25'000 abgebildet sind. Der Vektor 25 ist eine Ableitung der bestehenden, gedruckten Daten. In Zukunft bildet der Vektor 25 die Basis für die kartografischen Werke, umgangssprachlich auch „Wanderkarten“ genannt (s. Abb. 8).

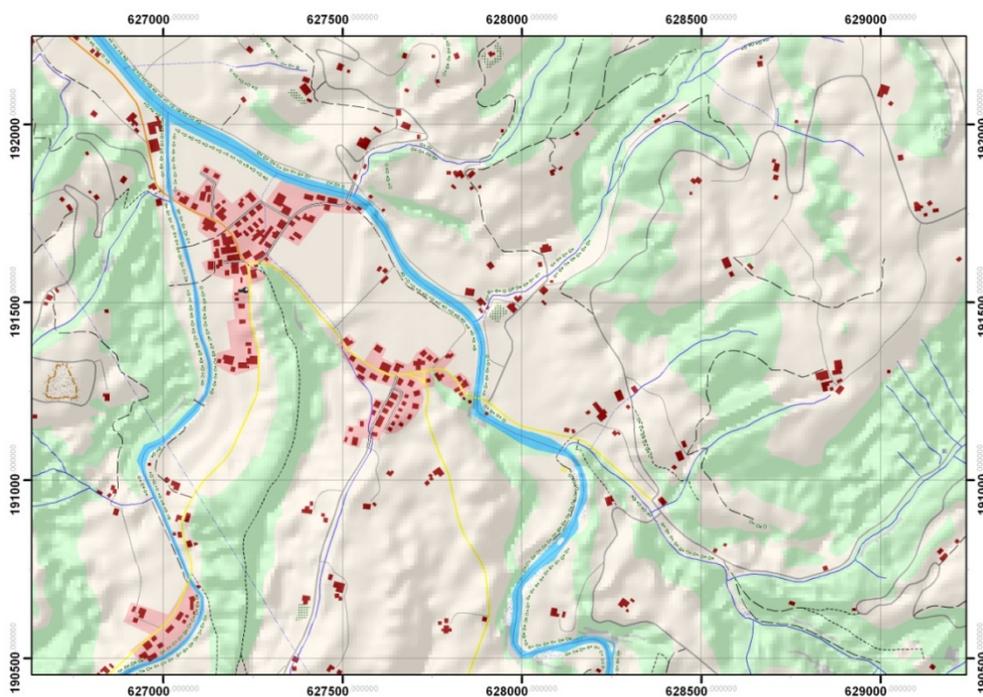
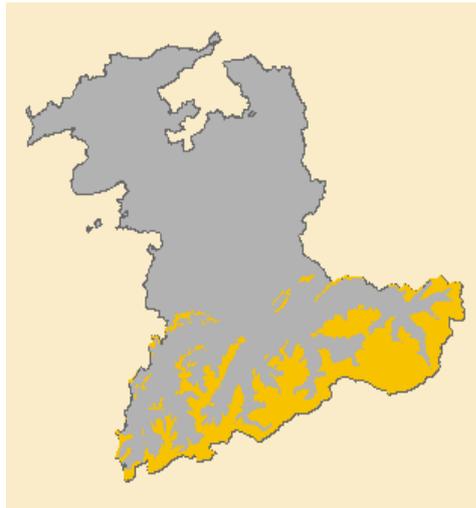


Abb. 8. Ausschnitt aus dem Landschaftsmodell Vec25, Schattierung mittels Hillshade aus dem digitalen Höhenmodell, DHM25 (Daten: AGI, Amt für Geoinformation, Karte: Eigenproduktion)

DHM25

Das digitale Höhenmodell ist eine Interpretation der Höhenlinien der Schweizer Landeskarte, die ursprünglich stereometrisch erfasst wurde. Das Höhenmodell dient im vorliegenden Projekt der Überprüfung, wie die Ausbreitung von Arten im Raum abläuft. Des Weiteren werden die Daten zu kartografischen Zwecken genutzt, um für die



Kartenausgabe eine Reliefschraffur zu erzeugen.

Das Höhenmodell wurden nicht für die Ausbreitungsanalyse verwendet, einerseits weil die Gebiete über der Vegetationsgrenze kaum die Ausbreitungsgebiete tangierten, andererseits um die Anzahl der Parameter in den Analysemodellen gering zu halten (s. Abb. 9). Dies auch aus dem Grund, da keine Expertisen zum Thema

Gelände, Geländehöhen hätten übernommen werden können.

Abb. 9. Gelb dargestellt sind die Gebiete über 1800m im Kanton Bern (südlicher Teil des Kantons)
Geländedaten: AGI

3.2.2 Kantonale Daten

Der Kanton Bern stellt die meisten kantonalen Geodaten frei zur Verfügung. Mittels Web-Applikation (Amt für Geoinformation Kanton Bern, 2009) können die Daten vom Netz geladen werden. Bemerkenswert dabei sind die Qualität der Metadaten und des Services als Ganzes.

3.3 Datenaufbereitung

Basierend auf den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen wurde das gesamte Projekt durchgeführt. Es wurden keine zusätzlichen Daten im Feld erfasst. Die Datenaufbereitung (s. Tab. 10) beinhaltet folgende Schritte für die jeweiligen Datenebenen.

Tab. 10. Übersicht über die Datenaufbereitung und Beschreibung der Arbeitsschritte und Resultate

Datenebene	Daten	Prozesse	Resultat
Lebensraumkataster (LRM-Kataster)	Vec25 OAFF (Bodendeckung)	Reklassierungssystem aus dem Projekt VNG Kt. ZH (Excel) ergänzen. Lebensraumcode (LrmCde) den Daten zuweisen. Datenebenen vereinigen und zu Rasterdaten transformieren (s. Kap. 3.4.2)	Lebensraumkataster als Raster. Codelogik nach (Delarze, et al., 1998). Ausnahme: „Übrige Flächen“
Kostenoberfläche	LRM-Kataster	Reklassierung des LRM-Katasters mittels Reklassierungssystem zu Kostenoberfläche.	Kostenoberfläche mit den Werten aus VNG Kt. ZH
Kernhabitate	Feuchtgebiete von Kt. Bedeutung	Selektion der Feuchtgebiete von Regionaler und Kantonalen Bedeutung Ausfiltern der Wasserflächen	Flächen „verschmelzen“ (merge), Attribute löschen und „sprengen“. Damit werden aneinander liegende Flächen die z.B. durch eine Parzellengrenze getrennt werden, Naturräumlich korrekt dargestellt.

3.4 Ausbreitungsmodellierung mittels GIS

3.4.1 Raster GIS

Die Methode der Kostendistanzanalyse basiert auf der Technologie des Raster-GIS (s. Kap. 2.3). Die Geoinformation liegt in einem Raster vor, ähnlich einer digitalen Fotografie beinhaltet eine Rasterzelle wie ein Pixel einer Foto eine Farbe resp. einen Wert (Information). Die Auflösung der Rasterzellenweite definiert die Dichte des Informationsgehalts des Datensatzes. Je feiner also ein Raster aufgelöst ist, desto detaillierter wird das Abbild der Realwelt.

Diese Eigenschaft des Raster-GIS führt dazu, dass die Daten reduziert und generalisiert werden. Die Rasterzellengrösse definiert somit den Grad der Abstraktion. Eine weitere Eigenheit des Raster-GIS ist die Recheneffizienz bei grossflächigen Analysen. Der Kanton Bern zählt bei einer Rasterauflösung von 5m, 238'360'000 Rasterzellen. Diese lassen sich um ein Vielfaches effizienter rechnen als Vektoren, da pro Rasterzelle einen Wert haben. Zusätzlich lassen sich Raster so einrichten, dass eine Rasterzelle in der Lage auf ganzzahligen Koordinaten liegen, was zur Folge hat, dass das System

ganzzahlig rechnen kann, was die Effizienz der Prozesse um ein vielfaches erhöhen kann.

Entsprechend können Gebietsplanungen in einer Rasterauflösung von fünf Metern über eine Fläche von fast 6000km² überaus effizient berechnet werden.

3.4.2 Lebensraum- und Hinderniskataster

Die Ausbreitungsmodellierung unter Berücksichtigung der Kostenwiderstände erfordert eine umfassende Datengrundlage (siehe Kap. 3.2). Den Kern bilden dabei die flächigen Strukturen (z.B. Primärflächen aus dem Vec25) sowie die verbindenden und trennenden, linearen Strukturen (z.B. Strassen, Bahnlinien, Kanäle). Basierend auf diesen Daten wird ein Lebensraum- und Hinderniskataster erstellt.

Flächige Strukturen

Die flächigen Strukturen werden nach dem Schlüssel der Lebensräume der Schweiz (Delarze, et al., 1998) nach ihren natürlichen Eigenschaften klassiert. Der Klassierung wird ein eindeutiger Code-„Cost-Code“ zugewiesen,- aus dem technischen Grund, dass in späteren Arbeitsschritten die Kostenoberfläche aus einer Datenebene besteht und über einen eindeutigen Code reklassiert und identifiziert wird (siehe 0). Der „Cost-Code“ ist ein integrierter Wert.

Die Lebensraumcodes nach Delarze sind im Zellenformat „Text“ abgelegt, so ist der Code für „untiefe Gewässer, „1.1.0.1“. Da mit Raster vorzugsweise mit integren Werten gearbeitet wird, wird der „Cost-Code“ für „untiefe Gewässer“ in die einen ganzzahligen Code reklassiert - also „1101“. (s. Reklassierungstabellen im Anhang sowie Kap. 3.7.1, Tab. 12 und Tab. 13)

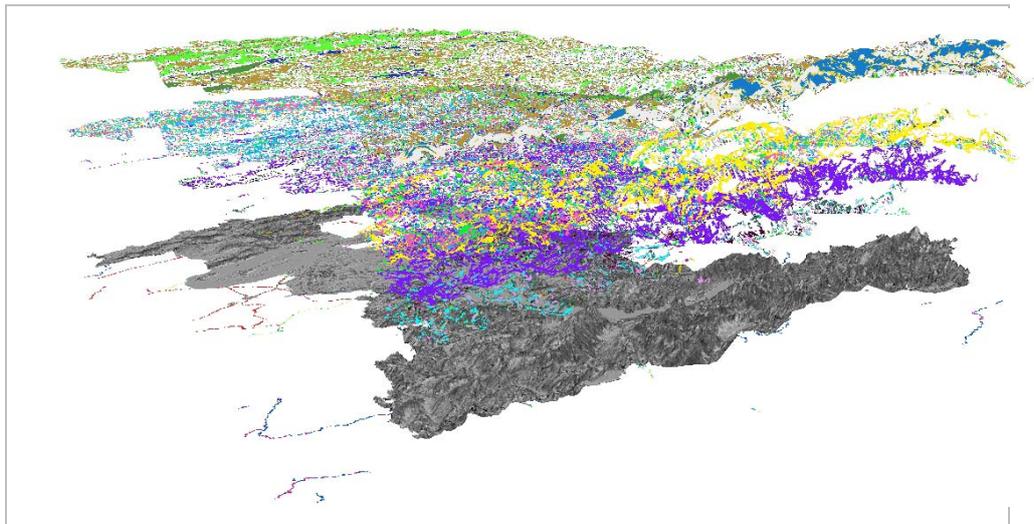


Abb. 10. Vielfalt der Geodaten, die zu Landschaftsstrukturen uminterpretiert werden können. Daten: AGI Kt. Bern

Die Reklassierung der räumlichen Strukturen nach (Delarze, et al., 1998) bedingt gute lokale, sowie biologische und ökologische Kenntnisse. So kann der Raum korrekt nach den Kriterien des Lebensraumschlüssels identifiziert werden.

Um die räumlichen Strukturen in einen Lebensraumkataster zu überführen, ist eine hervorragende Datengrundlage und fundiertes Expertenwissen notwendig. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Übertragung der Methode VNG ZH und der Auswirkung der Modellparameter (s. Kap. 5.5) und deren Auswirkung auf die Berechnung des Vernetzungsgrades.

Lineare Strukturen

Da die linearen Strukturen in der Landschaftsvernetzung und Zerschneidung ein eminent wichtiger Faktor sind, muss diesen Strukturen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Da für Strassen-Trassees und Eisenbahnen keine flächenhaften, dafür aber lineare Informationen vorhanden sind, müssen diese in die Lebensraum- und Hinderniskarte eingebaut werden.

Der Lebensraum- und Hinderniskataster basiert auf einzelnen, verfügbaren Datenebenen, die in Lebensraumtypen nach (Delarze, et al., 1998) reklassiert werden. Die Datenebenen müssen zu einer Oberfläche zusammengeführt werden, aus dieser die Kostenoberfläche für die in der Ausbreitungsanalyse berechnet wird. Hierfür werden diese ebenfalls in ein Raster überführt.

Aus technischer Sicht kreuzen sich z.B. Bäche und Strassen in einer Zelle. Jene Zelle die „zuoberst“ liegt wirkt. Wie also wirken diese Zellen auf die Ausbreitung? Welcher Wert zählt und wie muss dieser gewichtet werden?

Die Kostenoberfläche (s. Abb. 13) wird im vorliegenden Projekt aus neun Datenebenen zusammengeführt. Diese neun Ebenen werden zum Lebensraumkataster zusammengeführt, dieser beinhaltet je Zelle einen Wert. Dieser Wert ist jener der bei der Funktion des Zusammenführens (Merge) „zuoberst“ liegt. Dadurch wird gewährleistet, dass z.B. flächige Strukturen unter Linearen liegen und die lineare Struktur dadurch ihre Wirkung eines zerschneidenden resp. verbindenden Elementes erhält. Überlagern sich zwei lineare Strukturen z.B. Strassen und Gewässer, so ist zu evaluieren welches Objekt beim zusammenführen der Ebenen „zuoberst“ liegt.

Soll also die Wirkung zwischen einer Strasse und einem Gewässer dargestellt werden, so müssen diese Knotenpunkte extrahiert (s. Abb. 42 und Kap. 3.8) werden und mit einem eigenen „Lebensraumtyp“ versehen werden. Diese „Konfliktzellen“ haben einen Einfluss auf die Ausbreitungsberechnungen, die mittels Raster-GIS berechnet werden. Die Wechselwirkung zwischen den natürlichen und den künstlichen, linearen Strukturen wird auf diese Weise analysiert und diskutiert. Weiterführende Variantenbeschreibung der Lebensräume siehe auch Kap. 3.7 ff..

Im Gegensatz zu den flächigen Strukturen werden die linearen Strukturen nicht in Lebensräume eingeteilt, sondern erhalten direkt einen „Cost-Code“, mittels dem die Widerstandswerte zugewiesen werden. Sind den linearen Strukturen zusätzlich Attribute verliehen, so dass z.B. zwischen einspurigen und mehrspurigen Strassen unterschieden werden kann, so wird dies in der Klassierung der Widerstandswerte berücksichtigt.

Die linearen Strukturen (s. Abb. 11 bis Abb. 13), in diesem Fall sind dies Strassen, Eisenbahn und Fließgewässer, sind besonders für die trennenden bzw. verbindenden Phänomene von grosser Bedeutung.

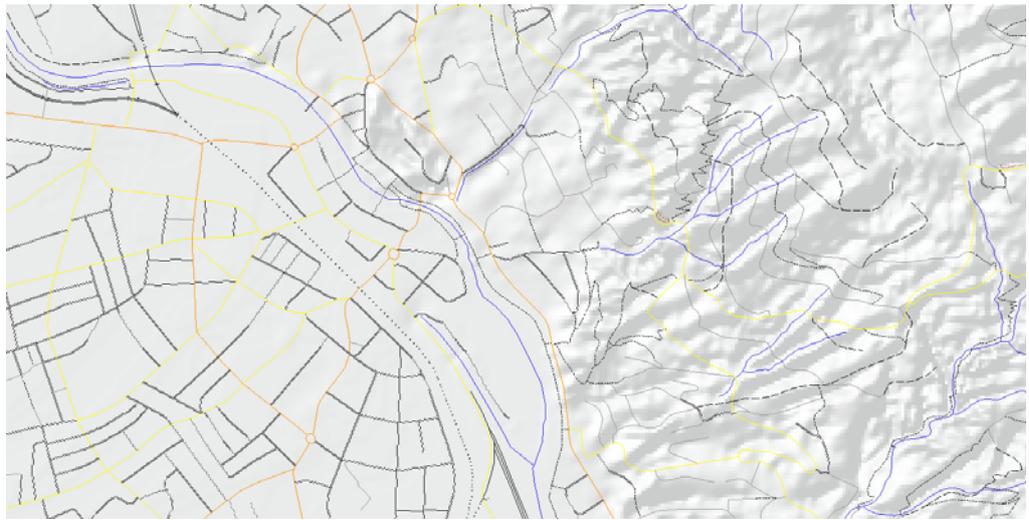


Abb. 11. Lineare Strukturen als Vektoren. Gezeigt sind die Gewässer (blau) und die Strassen

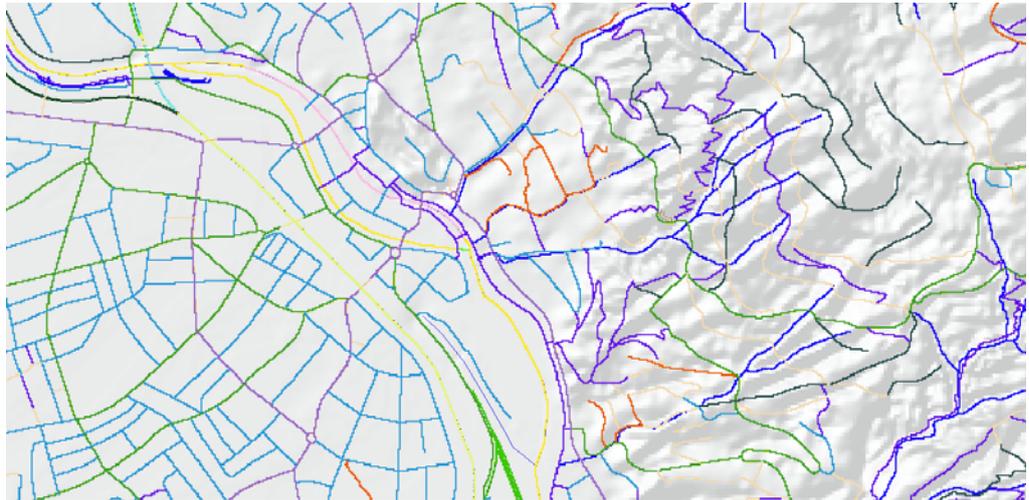


Abb. 12. Lineare Strukturen als Raster. Gezeigt sind dieselben Elemente wie in Abb. 11



Abb. 13. Der Lebensraumkataster mit den linearen Strukturen in der Region Thun.

3.4.3 Widerstandswerte / Ausbreitungskosten

Die Ausbreitungsfunktion der Kostendistanz (engl. Cost-Distance) berechnet die nicht-lineare Ausbreitung von den definierten Kernhabitaten aus. Diese sind die Gebiete von Interesse, für die der Vernetzungsgrad gemessen wird. Die Widerstandswerte für die Ausbreitung der Arten in den Lebensräumen basiert auf der Expertenmeinung die im Rahmen des Projekts VNG ZH evaluiert wurden. Die fehlenden Werte für die Lebensraumtypen im Kanton Bern, die im Kanton Zürich nicht vorkommen, wurden Annahmen getroffen, die den Expertenwerten angepasst wurde. Im Kanton Zürich erarbeiteten sechs Experten der Landschaftsökologie und Biologie die Ausbreitungskosten. Den Experten wurde die Funktion der kostenbasierten Ausbreitungsmethode erläutert und die ungefähre Bandbreite der Werte und deren Wirkung nahe gebracht. Die Reklassierungstabellen sind im Anhang beigefügt.

Die Expertenrunde mit fundiertem lokalem Wissen beschloss, eine Gilde, aus sechs Leitarten, für die Lebensraumtypen Trockenstandorte und die Feuchtgebiete zu bilden. Jeder Experte schätzte die Widerstandswerte pro und für die Hinderniswerte der linearen Strukturen. Dies wurde in je zwei Varianten für die Feuchtgebiete und für die Trockenstandorte gerechnet. Die Werte der Experten wurden einander gegenüber gestellt und ausgewertet. Um die finalen Widerstandswerte zu fixieren, wurden die Werte in der Gruppe diskutiert und harmonisiert.

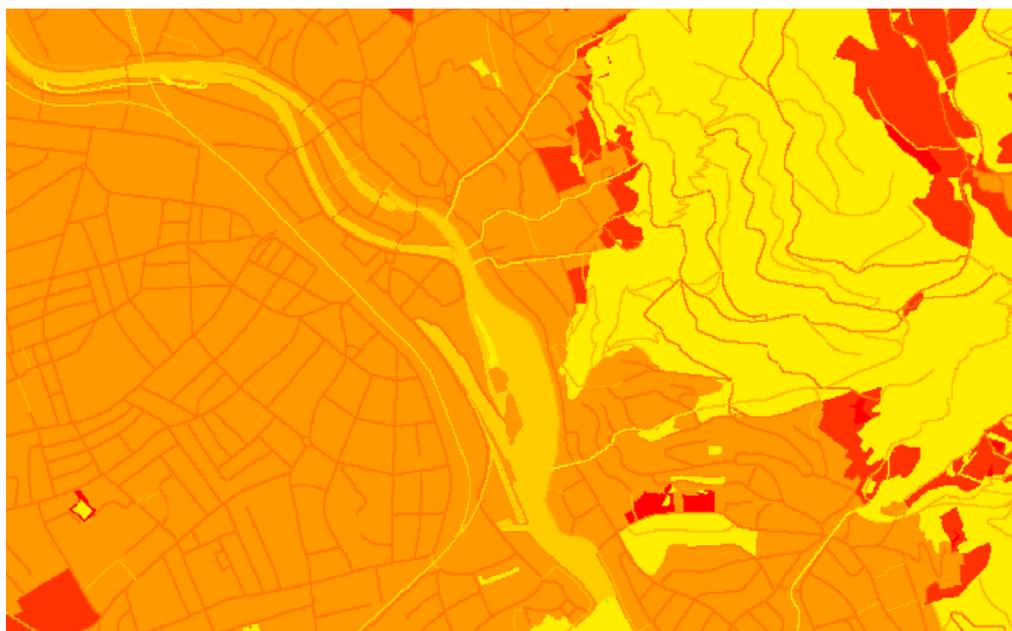


Abb. 14. Die Ausbreitungskostenzuweisung (Reklassierung) führt zur Aggregation ähnlicher Lebensraumtypen in Kostengebiete. Die linearen Strukturen wurden in diesem Abbild in die Kostenoberfläche eingerechnet. Gebiet von Thun.

Unbestimmte Flächen oder nicht klar definierte Flächen wurden im Kanton Zürich als „NoData“ reklassiert. Im Grunde genommen wurden die Flächen so behandelt, als ob sie nicht existent wären. Da die Datengrundlage im Kanton Zürich einiges detaillierter dargestellt ist, als jene im Kanton Bern, fielen die „datenleeren“ Räume bei der Ausbreitungsmodellierung kaum ins

Für die Modellierung im Kanton Bern wurde in sechs der Ausbreitungsszenarien gerechnet. Flächen, die nicht explizit einem Lebensraumtyp zugeordnet werden konnten, wurden in der ersten Variante ohne Widerstandswert gehalten, in der zweiten Variante mit einem Widerstandswert versehen. Mit den zwei Szenarien konnte der Einfluss des „datenleeren“ Raums im Widerstandsmodell dargestellt werden (s. Abb. 14).

Arten und Gilden

Um die Ausbreitungswiderstände zu bestimmen, wurden in der Expertengruppe des Projektes VNG ZH die nachfolgenden Gilden repräsentativer Arten definiert. Die Resultate wurden mittels Artendaten überprüft (s. Tab. 11).

Tab. 11. Liste der Arten der einen Gilde, die im Kanton Zürich zur Bestimmung der Widerstandswerte verwendet wurden (Lienhard, et al., 2007).

Art (lat.)	Art (de)	Ansprüche	Bild
Cenocephalus fuscus	Langflügelige Schwertschrecke	Die Langflügelige Schwertschrecke besiedelt gerne feuchte Wiesen und Uferbereiche bzw. Riede.	
Euphydryas aurinea	Skabiosen Scheckenfalter	Man findet sie bis in einer Höhe von 2200 Metern. Sie leben sowohl in Feuchtgebieten und Feuchtwiesen als auch auf Trockenrasen, wobei sie aber durch die Intensivierung der Landwirtschaft sehr stark rückläufig und sehr selten sind.	

<p>Maculinea alcon</p>	<p>Kleiner Moorbläuling</p>	<p>Der Lungenenzian-Ameisenbläuling ist lokal im Flachland und Gebirge bis 1.000 Meter in Feuchtgebieten wie z.B. feuchten Wiesen, Mooren und Heiden anzutreffen man findet sie besonders auch im Überschwemmungsbereich von Flüssen.</p>	
<p>Melitaea diamina</p>	<p>Baldrian-Scheckenfalter (Silber-Scheckenfalter)</p>	<p>Typischer Feuchtgebiets-Schmetterling, der von Ende Mai bis in den Juli hinein anzutreffen ist.</p>	
<p>Ruspolia nitidula</p>	<p>Schiefkopfschrecke</p>	<p>Die Art kommt vor allem in Südeuropa häufig vor und besiedelt langgrasigen Trockenrasen. In Deutschland wurde sie nach zwei lange zurückliegenden Einzelfunden erst 1995 am Bodensee auf einer Feuchtwiese in einem Niedermoor wiederentdeckt.</p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;">© d.hardegger@bluewin.ch</p>
<p>Stethophyma grossum</p>	<p>Sumpfschrecke</p>	<p>Die Sumpfschrecke bevorzugt Feucht- und Nasswiesen, die entweder als Wiese oder Weide genutzt werden. Die Eiablage erfolgt im Sommer in den Oberboden. Da die Eier nicht gut gegen Austrocknung geschützt sind, ist eine ausreichende Durchfeuchtung des Bodens bis zum nächsten Sommer von großer Bedeutung. Die Art kann aufgrund ihrer guten Flugfähigkeit neue Standorte im Bereich von einigen hundert Metern neu besiedeln. Die Sumpfschrecke ist auf Feuchtgebiete angewiesen und war einst weit verbreitet und häufig.</p>	

Reklassierungs-codes und Werte

Tab. 12. Reklassierungs-codes für den Lebensraumkataster

Lebensraum	Wertebereich
Habitatsflächen / Kernflächen	0
Gewässer-Strassenkreuzungen	99
Übrige Flächen	100 ¹
Lebensräume	1-98 ; 101 – 9999 Nach (Delarze, et al., 1998) (integrer Code s. Kap. 3.4.2)
Strassen	10'000 – 19'999
Bahnen	20'000 – 29'999
Flüsse	30'000 – 39'999

Tab. 13. Widerstandswerte und deren Wirkung

0	Kein Widerstand. In diesem Raum können sich die Arten „frei“ (d.h. ohne Aufwand) bewegen
0.1 - 0.9	Migrationsfördernde Strukturen.
1	Normaler Widerstand. Gebiete, in welchen die Arten sich fast ungehindert bewegen können, mit dem Unterschied zu Null, dass die Arten über die Distanz ermüden. Bsp: Ist der Widerstand „1“, so wird die Art bei einer maximalen Ausbreitungsdistanz von 10m, auch nach euklidisch gemessenen 10m „stehen“ bleiben.
>1 – 999'997	Widerstandswerte, welche die Migration behindern. Bsp: Beträgt der Widerstandswert 2, so kommt die Tierart im Raum nur 5m weit.
999'998	Unüberwindbares Hindernis (nicht aber NoData)
999'999	NoData: nicht definierte Gebiete, in welchen über die Lebensraumqualität keine Aussage getroffen werden kann oder die für Arten undurchdringbar ist.

¹ Da nach Delarze et al., (1998) keine 10te Lebensraumklasse vorgesehen ist, wurde diese Klasse resp. Code für die unbekanntenen Flächen eingesetzt.

3.4.4 Kerngebiet und Trittsteine

Kerngebiete

Als Kerngebiete der Kostendistanzanalyse zählen alle jene Flächen, die der optimalen Lebensraumqualität entsprechen, sowie die Flächen, die als Kernhabitate betrachtet werden können. Im Falle der vorliegenden Arbeit sind dies sämtliche Feuchtgebiete des Kantons Bern von regionaler und nationaler Bedeutung.

Die Kernflächen müssen im Vorfeld bereinigt werden, damit die Prozessmodelle fehlerfrei durchlaufen können, die Zuweisung der berechneten Masse korrekt erfolgen kann. Parzellen-, Gemeinde- und Kantons Grenzen werden eliminiert, da sie auf die naturräumliche Gegebenheit und Ausbreitungsmodellierung keinen Einfluss haben. Ein bewertbares Kerngebiet ist weitgehend homogen und besteht aus einem einzigen Polygon.

Trittsteine

Jene Flächen ausserhalb der Kerngebiete, die aber lebensraumähnliche Bedingungen erfüllen, wirken in der Ausbreitungsmodellierung als Trittsteine, werden aber nicht zum Lebensraum hinzugezählt. In der Ausbreitungsmodellierung des Kantons Bern werden nur die Kernflächen von regionaler und nationaler Bedeutung bewertet. Gebiete, die auf kommunaler Ebene wertvoll sind, werden als Trittsteine betrachtet, aber nicht zum gesamtkantonalen Gesamtlebensraum dazu gezählt. Die Abgrenzung auf die „grossen“ Gebiete begründet sich dadurch, dass die Messung des Vernetzungsgrades auf die Anbindung an den Gesamtlebensraum von gleicher Qualität und Bedeutung abzielt. Ausserdem stehen keine flächendeckenden Daten der Naturschutzgebiete von kommunaler Bedeutung zur Verfügung. Die Definition der Trittsteine erfolgt bei der Reklassierung der Lebensraumtypen und bei der Widerstandswertzuweisung.

Das Datenmodell gibt vor, dass pro bewertetes Kerngebiet eine Ausbreitunginsel und pro Ausbreitunginsel mehrere Kerngebiete vorhanden sein können. Bei der Ausbreitungsmodellierung wird um die Kerngebiete ein Puffer („ZeroBuffer“) der doppelten Zellenweite gerechnet und als Lebensraum der Kostenoberfläche eingerechnet. Dadurch wird verhindert, dass Sliverpolygone (Splitter-Polygone, die in der Analyse Fehler erzeugen) entstehen und dadurch das Kerngebiet nicht mehr aus einem, in sich geschlossenen Polygon, sondern aus vielen Polygonen mit der selben Identität entstehen. In der Da-

tenmodellierung führt dies zu unbeständigen Relationen (mehrere Kerngebiete haben dieselbe Identität), die dazu führen, dass der Vernetzungsgrad nicht berechnet werden kann, weil pro Kerngebiet eine Identität notwendig ist.

3.4.5 Logische Ausbreitungsfunktion – Kostendistanzanalyse

Die Mobilität einer Art in der Natur hängt von den naturräumlichen Gegebenheiten ab. Die Berücksichtigung der natürlichen und künstlichen Widerstände hat zur Folge, dass von den Habitaten aus die Distanzen nicht euklidisch gemessen werden können, da dies keinem Widerstand entsprechen würde. Nur für flugfähige Arten die sich in Landschaft bewegen wäre dies passend.

Mittels der Kostendistanzanalyse wird die Landschaft als System dargestellt, welches die ausbreitungshindernden Barrieren bzw. die ausbreitungsfördernden Strukturen simuliert. Der Wert einer Zelle des Kostenrasters definiert, um welchen Faktor die Mobilität vereinfacht bzw. erschwert wird. Ein Wert von 1 entspricht der Logik, dass, wenn die Art sich einen Meter bewegt, dies auch einem Meter effektiver Bewegung (normaler Energieaufwand) entspricht (also keinem zusätzlichen Widerstand). Werte, die grösser sind als 1, bedeuten, dass die Widerstandswirkung der Zelle erhöhte Anstrengung bedarf, um diese zu durchqueren. Werte, die niedriger als 1 sind erlauben ein kräfteschonendes Vorwärtskommen. „0“ entspricht keinem Widerstand. In dieser Region bzw. Zelle kann sich ein Tier „widerstandslos“ bewegen, dies entspricht dem Optimum, also einem Raum mit optimaler Habitatqualität. Die Logik der Widerstandswerte ist in der nachfolgenden Abbildung (Abb. 15) schemenhaft skizziert.

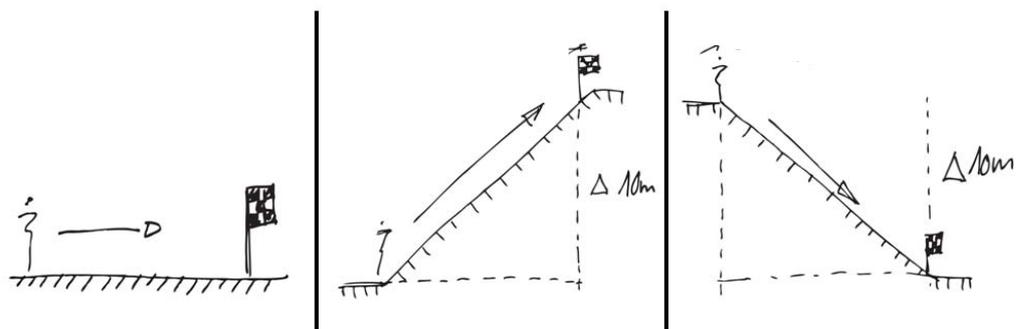


Abb. 15. Cost-Distance Theorie. „Real“-Kosten in der Ebene, Energieaufwändiges Migrieren (z.B. steiler Berg) oder energiesparendes, „erholsames“ Migrieren (talwärts gehen) (Illustration: Yves Maurer).

Zusammengefasst: Zellen mit Werten zwischen 0 und 1 enthalten ähnliche Strukturen und Lebensbedingungen, wie die Arten auch in ihren entsprechenden Kernhabitaten vorfinden. Gebiete mit Werten über 1 erfüllen die Ansprüche der funktionellen Migration, das heisst, die Art kann sich durch dieses Gebiet bewegen, findet aber keine lebensraumähnlichen Strukturen vor. NoData bedeutet, dass der Raum inexistent und somit nicht durchquerbar ist. (= Absolute Barriere)

Konsequenzen der Methode der kostendistanzgewichteten Ausbreitungsmodellierung

Die Kostenausbreitungsanalyse mittels ESRI's ArcGIS mit der Erweiterung „Spatial Analyst“ führt zu einer starken Bindung an die Software. Zudem muss die Berechnungsfunktion der „kostendistanzgewichteten Ausbreitungsanalyse“ genau verstanden sein, um in der Aussage der Analyse präzise zu sein.

Die angewandte Methode basiert nicht auf einem Migrationsmodell, welches die Wanderung einer Art von einem Punkt aus modelliert und in welchem die Habitatflächenzunahme über die Zeit (und zurückgelegte Distanz) zunimmt. Die Methode

Die nachfolgende Skizze stellt die Unterschiede der Funktion der Ausbreitungsmodellierung schematisch dar (s. Abb. 16). Die Ausbreitungsmodellierung mittels ArcGIS berechnet die Ausbreitung von allen Kerngebieten gleichzeitig. Zu vergleichen ist diese Situation, wie wenn zu einem bestimmten Zeitpunkt aus allen Kerngebieten aus Arten zu migrieren beginnen. Dies hat zur Folge, dass die Räume analog der linken Darstellung in Abb. 16 zu einem Lebensraumkomplex zusammengeschlossen werden.

Das Schema auf der rechten Seite in der Abb. 16 stellt die Ausbreitung dar, wie sie von statten geht, wenn eine Art von einem Gebiet aus zu migrieren beginnt und nach und nach weitere Lebensräume erschliesst. Diese Ausbreitungsmethode stellt die Erschliessung für ein einzelnes Kerngebiet dar, nicht aber die Gesamtsituation, wie sie in der vorliegenden Arbeit angestrebt wird.

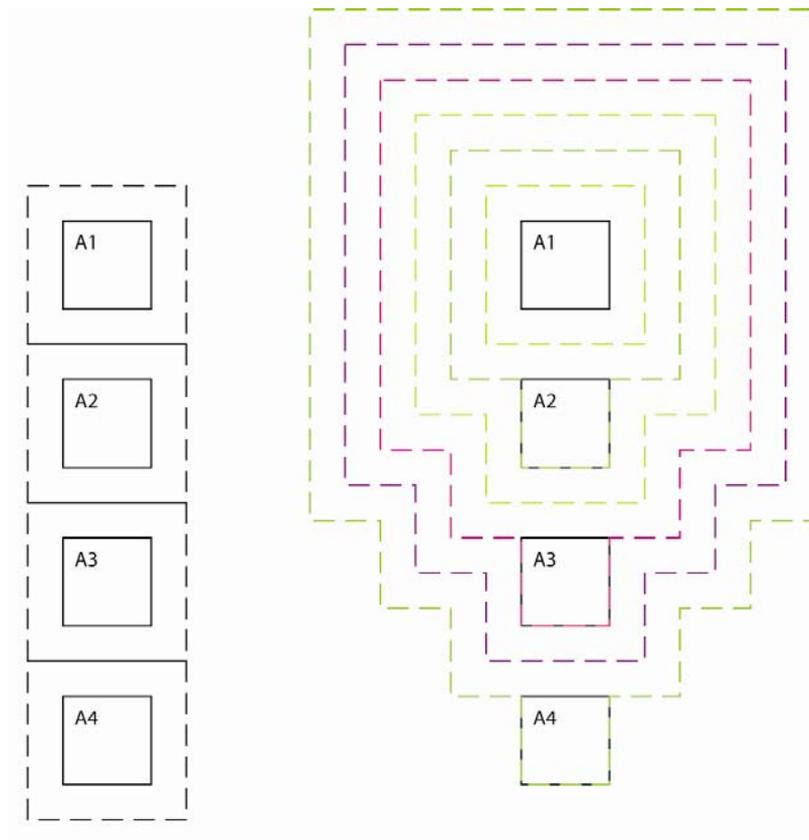


Abb. 16. Ausbreitungsmodelle im Vergleich. Links die Ausbreitungsmodellierung wie sie mittels Kostendistanzanalyse ausgeführt wird. Von sämtlichen Gebieten aus, wandern gleichzeitig Arten aus. Die Lebensräume sind sehr schnell miteinander zu einem Komplex verbunden. Die Grafik rechts stellt die Ausbreitung dar, wie sie von einer Art die im Feld A1 startet von statten geht, bis sie sämtliche Gebiete erschlossen hat. Grafik: Yves Maurer

3.4.6 Ausbreitungsebene und maximale Ausbreitungsdistanz

Das Resultat der Kostendistanzanalyse ist die Ausbreitungsoberfläche. Die Ausbreitungsoberfläche stellt das potentielle Einzugs- und Migrationsgebiet der betrachteten Arten dar. Die Wirkung der räumlichen Strukturen auf die Ausbreitung lässt sich mittels dieser Oberfläche deutlich darstellen (Abb. 17). Die Ausbreitungsoberfläche dient als Basis für die Berechnung der Anbindungsgrades. Mittels der Ausbreitungsoberfläche wird die Ausbreitungsdistanz zwischen den einzelnen Flächen evaluiert. Ebenso wird dargelegt, welches Habitat nach welcher Ausbreitungsdistanz zum Kerngebiet (Kernhabitat) erreicht wird und inwieweit sich dadurch die theoretisch erreichbare Habitatfläche vergrößert.

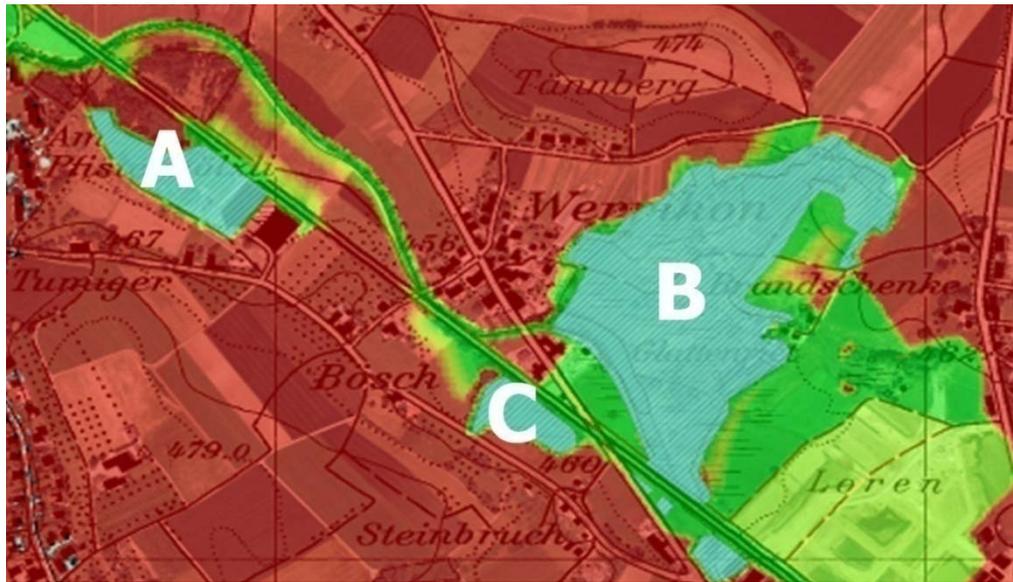


Abb. 17. Ausbreitungsoberfläche zwischen den Feuchtgebieten A,B und C. Besonders die Wirkung der linearen Strukturen ist gut zu erkennen.

Im Rahmen des Projektes VNG Kanton Zürich wurde die maximale Ausbreitungsdistanz auf 3000m gesetzt. Die 3000m Ausbreitungsdistanz wurden unter Berücksichtigung der Verteilung der Biotope und der vermuteten, möglichen Ausbreitungsdistanzen bestimmt. Um die Methode so wenig wie nur Möglich zu verändern, um Vergleiche anstellen zu können, werden auch im Kanton Bern diese 3000m maximale Ausbreitungsdistanz beibehalten.

Die 3000m entsprechen effektiv einer Migrationdistanz von 6'000m, da bei der Ausbreitungsmodellierung von allen Kerngebieten gleichzeitig aus „migriert“ wird. Ein Zusammenschluss von zwei Gebieten entspricht immer der doppelten Kosten-Distanz.

3.4.7 ESRI's ArcGIS + Modelbuilder

ESRI bietet seit der Version ArcGIS 9.0 die Möglichkeit, „einfache“ Prozessmodelle, also Abfolgen von Prozessen, in einem Modell zu verknüpfen. Zur Erforschung der Frage, welche räumlichen Parameter das Ausbreitungsmodell und seine Resultate am stärksten beeinflusst, sind Iterationen unumgänglich. Um mancher Handarbeit mit GIS zu umgehen, werden die Prozessmodelle mit dem Modelbuilder gebaut. Primär soll dabei die Arbeit erleichtert werden, zudem wird aber auch die Fehlerquote beim Prozessieren so niedrig wie möglich gehalten. Die Parametrisierung ist relativ elegant gelöst und so können Modelle sehr effizient die Arbeit verrichten, die einerseits komplex ist und andererseits viele manuelle Arbeitsschritte beinhaltet.

3.5 Landschaftsmasse

Für den Kanton Bern dienen vier Landschaftsmasse zur Beurteilung der Lebensraumvernetzungssituation.

Der VNG_i wurde im Rahmen des „Projektes Vernetzungsgrad Kanton Zürich“ entwickelt.

Die neuen Masse: DHF_i , DHF_{eff} , VNG_{eff} sind das Produkt der vorliegenden Arbeit.

- Die „distanzgewichtete Habitatfläche“ DHF_i
- Der Vernetzungsgrad VNG_i
- Die effektive distanzgewichtete Habitatfläche DHF_{eff}
- Der Gesamtvernetzungsgrad VNG_{eff}

Basierend auf den naturräumlichen Gegebenheiten werden Lebensraumkomplexe gebildet. Die Berechnung dieser Lebensraumkomplexe resultiert aus einer Kostendistanzanalyse, die von sämtlichen Kernhabitaten und Trittsteinen aus zeitgleich berechnet wird (s. Kap. 3.4 oben, sowie 5.2). Die resultierende Ausbreitungsebene (s. Abb. 18) zeigt auf, wie die Lebensraumvernetzungssituation für die definierte Gilde bei einer maximalen Ausbreitungsdistanz von 3000m zu erwarten ist.

Diese Datenebene erlaubt die grafische räumliche Darstellung der Vernetzungssituation. Für die qualitative und quantitative Beurteilung der Vernetzungssituation wird für jedes einzelne Kernhabitat die Flächenzunahme im Lebensraumkomplex berechnet. Diese Habitatflächenzunahme dient der qualitativen und quantitativen Bewertung des einzelnen Kernhabitates. Die Präzisierung der Berechnungsmethode der Landschaftsmasse ist ab Kapitel 3.5.1ff. beschrieben.

Bei der vorliegenden Methode wird die Ausbreitungsmodellierung von allen Habitaten und Flächen mit habitatsähnlichen Qualitäten aus berechnet, also nicht von einem einzelnen Habitat aus. Die Konsequenz dieser Momentaufnahme der Vernetzungssituation ist, dass die Modellierung nicht nur den Lebensraum beschreibt der von einem Gebiet aus erreicht wird, sondern auch, welcher Raum einer Art zu Verfügung steht. Dazu vergleicht man die Lebensräume als „Inseln“, auf welche die Arten sich erholen können, ehe sie dann weiterziehen können.

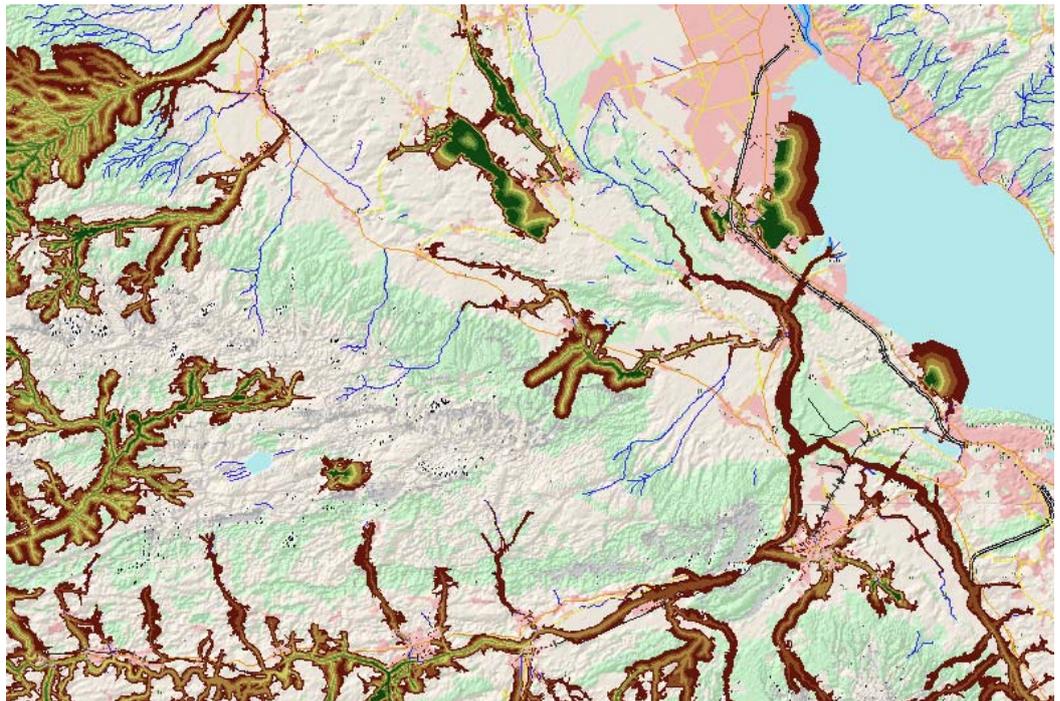


Abb. 18. Abbildung der Ausbreitungsebene südlich von Thun, basierende auf der Kostenoberfläche Variante 2. (s. Kap 3.7).

Um deine Aussage zur Gesamtvernetzungssituation im Kanton zu formulieren, wurde der berechnen, dienen die effektive distanzgewichtete Habitatflächenzunahme (DHF_{eff}), respektive der effektive Vernetzungsgrad (VNG_{eff}). Die beiden Masse beschreiben die durchschnittliche Grösse des Lebensraumes, welche ein Tier erreichen kann, das zufällig in eines der Kerngebiete (des Kantons) ausgesetzt wird.

Die Landschaftsmasse und deren exakte Bedeutung wurde in Zusammenarbeit Jochen Jaeger an der Concordia Universität in Montreal, Kanada, im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt.

3.5.1 Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme DHF_i & VNG_i

Die distanzgewichtete Habitatflächenzunahme (DHF_i) sagt aus, wie viel distanzgewichtete Habitatfläche in m^2 vom gesamten zur Verfügung stehenden Lebensraum, von einem Habitat aus erreicht werden kann. Der Vernetzungsgrad VNG_i beschreibt diesen Anteil des distanzgewichteten Lebensraums prozentual. Von allen Gebieten ausgehend kann eine Art weitere Habitats erreichen. Das logische Ausbreitungsmodell (s. Kap. 3.4) berücksichtigt dabei die Strukturen, welche auf die Migration einen Einfluss haben.

Distanzgewichtung

Bei der Berechnung des Vernetzungsgrades wird die Flächenzunahme über die Distanz gewichtet. Die Modellvorstellung basiert auf der Idee, dass die Landschaft dann Intakt ist, wenn sämtliche Flächen in einem Gebiet zusammenhängend (unverschnitten) vorliegen. Sobald also eine Veränderung z.B. eine Strasse das Gebiet durchtrennt, muss eine Art die von einem Gebiet zum Anderen migriert, ein Hindernis überwinden. Selbst wenn für die Strasse die gebaut wurde, sämtliche Ersatzflächen umgesetzt wurden, die Fläche ist durchtrennt und somit das Ökosystem beeinträchtigt.

Selbst wenn sämtliche Flächenverluste kompensiert werden, jede Zerschneidung muss in den berechneten Landschaftsmassen abgebildet werden. Damit auch die Migrationsdistanzen zwischen den Flächen Einfluss nehmen können, wird die Erreichbarkeit der Lebensräume über die Distanz zusätzlich gewichtet (s. Abb. 19), indem die Flächen in der Berechnungsmethoden gewichtet werden. Zum Beispiel wird eine Fläche von 100m² die nach 50m erreicht wird zu 80% gewichtet, sollte sie nach 100m erreicht werden zu 60%.

Daraus folgt:

- Migrationsdistanzen wirken sich nie Positiv auf die Vernetzungssituation aus.
- Der Vernetzungsgrad von 100% wird nie erreicht werden, selbst wenn über die unendliche Distanz alle Lebensräume erreichbar (Vernetzt) wären.
- Die Vernetzung kann nur dann optimal sein, wenn alle Flächen räumlich so vernetzt sind, dass sämtliche Habitate miteinander verbunden sind.

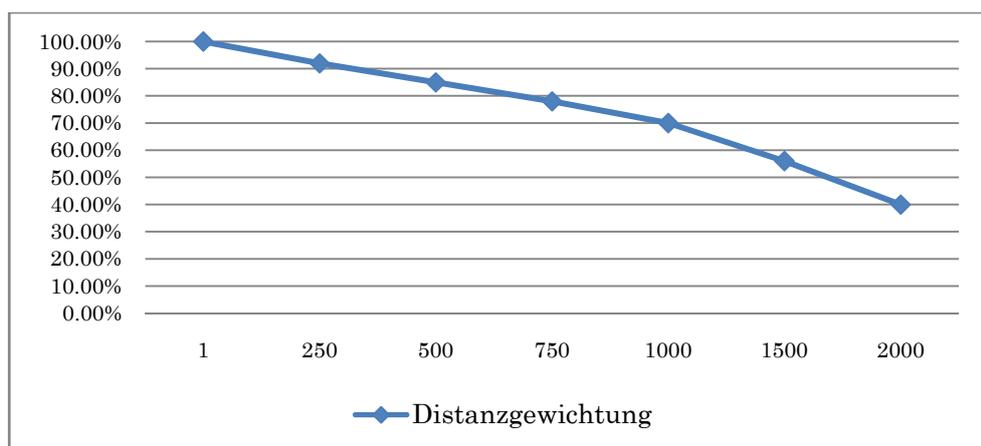


Abb. 19. Distanzgewichtung der Flächen in % über die Ausbreitungsdistanz in Meter. Diese Gewichtung wurde für die Berechnung der sechs Ausbreitungsvarianten verwendet.

Flächen, die nahe zueinander liegen haben, aus ökologischer Sicht den besseren Wert als Flächen, die weiter auseinander liegen. Je kürzer eine Wanderdistanz ist, desto

3.6.2 Situation I

Der Idealfall: die vier Beispielflächen A1, A2, A3 und A4 liegen aneinander. Die Flächen A1 und A3 sind 100m² gross, die Flächen A2 und A4 200m² (s. Abb. 22 & Abb. 23).

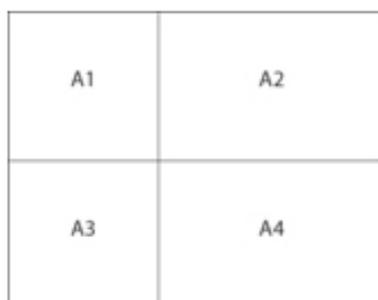


Abb. 22. Berechnungsbeispiel für die Situation I. Als Basis dienen die vier Flächen A1, A2, A3 und A4, die in den nachfolgenden Situationen nach und nach voneinander getrennt werden.

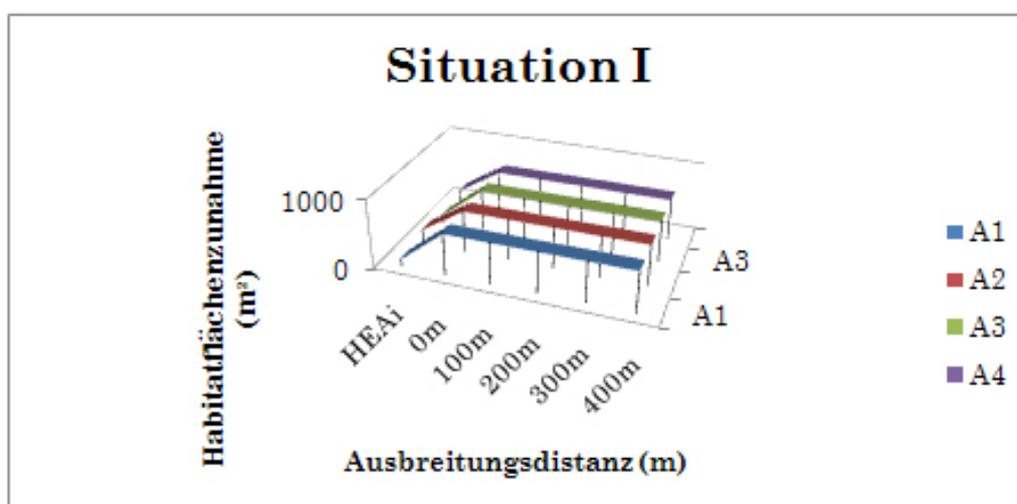


Abb. 23. Habitatflächenzunahme als Funktion der Distanz in der Situation I. A_i entspricht der Fläche des einzelnen Kerngebiets. Diese Dimension ist nur in den Berechnungsbeispielen erwähnt um die Konsistenz der Berechnung unter Beweis zu stellen. Aneinanderliegende Flächen gelten in der Berechnungsmethode prinzipiell als eine Fläche.

Tab. 14. Die Resultate zur Situation I.

Situation I	A1	A2	A3	A4		DHF _{gr}
DHF _i	600.00m ²	600.00 m ²	600.00 m ²	600.00 m ²		600.00 m ²
	VNG A1	VNG A2	VNG A3	VNG A4		VNG _{gr}
VNG _i	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		100.00%

Interpretation:

Alle Flächen haben denselben DHF_i entsprechend auch VNG_i weil von allen Flächen aus alle Flächen erreicht werden. Da alle Flächen unmittelbar aneinander liegen, hat die Distanzgewichtung keinen Effekt auf die Masse.

Der DHF_{eff} beträgt $600m^2$, der VNG_{eff} 100%. Dies entspricht der bestmöglichen Vernetzungssituation für jede Teilfläche (s. Tab. 14)

3.6.3 Situation II

Erste Zerschneidung. Ein Teilgebiet A1 wird von den Flächen A2, A3 und A4 abgetrennt, z.B. durch den Bau einer Strasse. Die „verlorene“ Fläche wird durch Ersatzmassnahmen an die Fläche A1 angefügt (s. Abb. 24 & Abb. 25).

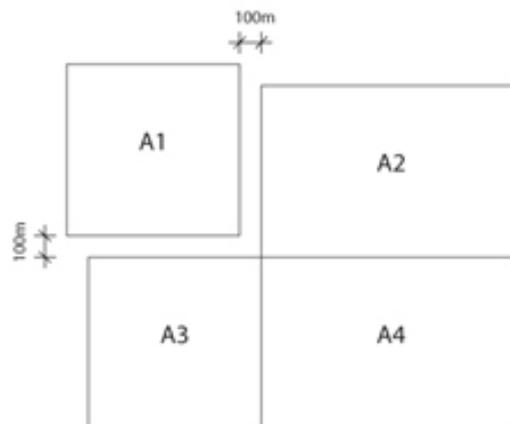


Abb. 24. Berechnungsbeispiel Situation II.

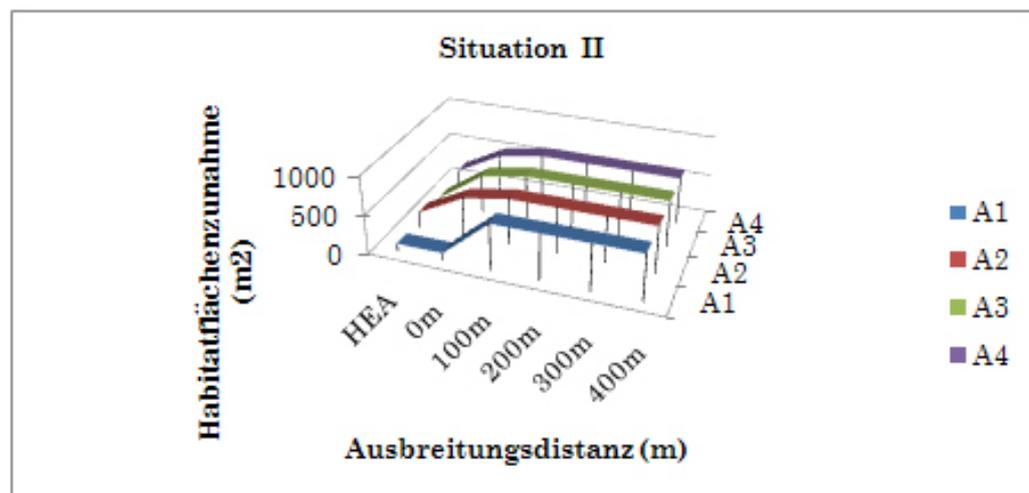


Abb. 25. Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation II.

Tab. 15. Die Resultate zur Situation II.

Situation II	A1	A2	A3	A4	DHF_{eff}
DHF_i	500.00 m ²	580.00 m ²	580.00 m ²	580.00 m ²	566.67 m ²
	A1	A2	A3	A4	VNG_{eff}
VNG_i	83.33%	96.67%	96.67%	96.67%	94.44%

Ein Gebiet wurde vom getrennt. Dies wirkt nun auf sämtliche Werte, sowohl für die noch zusammenhängenden Gebiete. So beträgt nun der VNG_{eff} noch 94.4%, obschon die Lebensraumgesamtläche gleich geblieben ist. Dies ist die direkte Folge der Distanzgewichtung (s. Tab. 15).

3.6.4 Situation III

Zweite Zerschneidung. Teilgebiet A2 wird analog A1 in Situation II abgetrennt (s. Abb. 26 & Abb. 27).

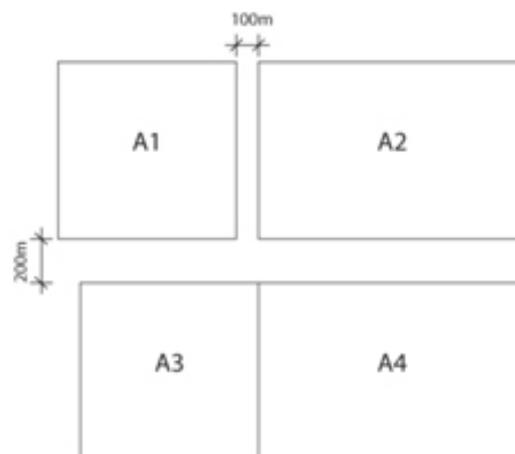


Abb. 26. Berechnungsbeispiel Situation III.

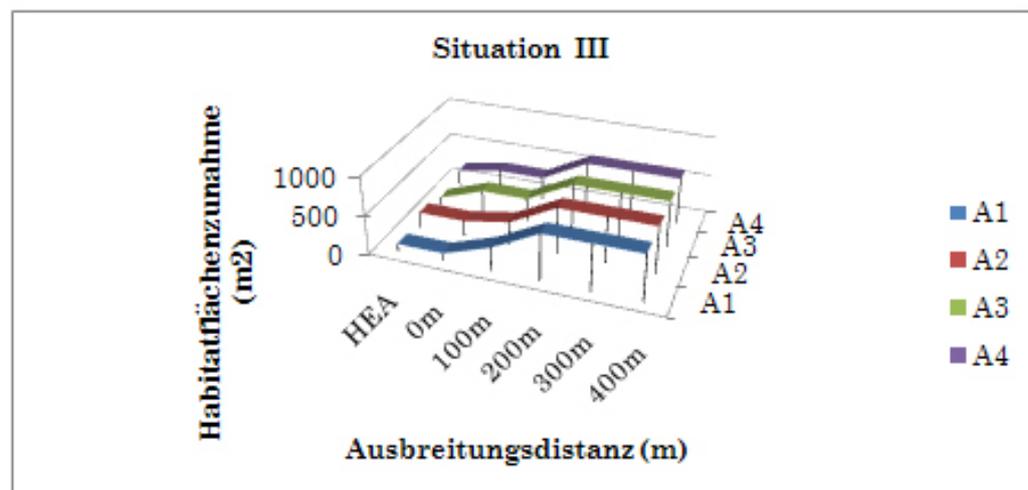


Abb. 27. Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation III.

Tab. 16. Die Resultate zur Situation III

Situation III	A1	A2	A3	A4	DHF _{er}
DHF _i	470.00 m ²	490.00 m ²	510.00 m ²	510.00 m ²	496.67 m ²
	A1	A2	A3	A4	VNG _{er}
VNG _i	78.33%	81.67%	85.00%	85.00%	82.78%

Interpretation:

Analog der Situation I wurde eine weitere Fläche „verschoben“. Die Werte verändern sich konstant negativ (s. Tab. 16).

3.6.5 Situation IV

Abtrennung der Teilfläche A1, sowie die Isolation der Fläche A2 (s. Abb. 28 & Abb. 29).



Abb. 28. Berechnungsbeispiel Situation IV. Die rote Linie stellt eine isolierende (unüberwindbare) Struktur dar.

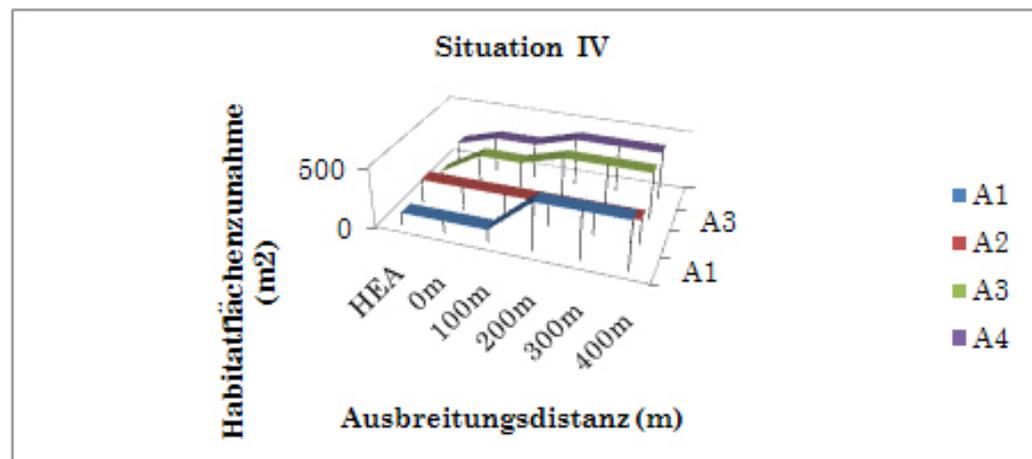


Abb. 29. Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation IV.

Tab. 17. Die Resultate zur Situation IV.

Situation IV	A1	A2	A3	A4	DHF _{err}
DHF _i	310.00 m ²	200.00 m ²	370.00 m ²	370.00 m ²	303.33 m ²
	A1	A2	A3	A4	VNG _{err}
VNG _i	51.67%	33.33%	61.67%	61.67%	50.56%

Interpretation

Eine Fläche wird ganz vom ursprünglichen Lebensraum abgetrennt. Die Fläche A2 hat nach wie vor einen Wert, da die Eigenfläche in der Berechnungsmethode zählt. Weil die Fläche trotz kompletter Isolation Arten halten kann (s. Tab. 17).

3.6.6 Situation V

Die Teilgebiete A1 – A4 sind komplett voneinander isoliert (s. Abb. 30 & Abb. 31).



Abb. 30. Berechnungsbeispiel Situation V. Die rote Linie stellt eine unüberwindbare Barriere dar.

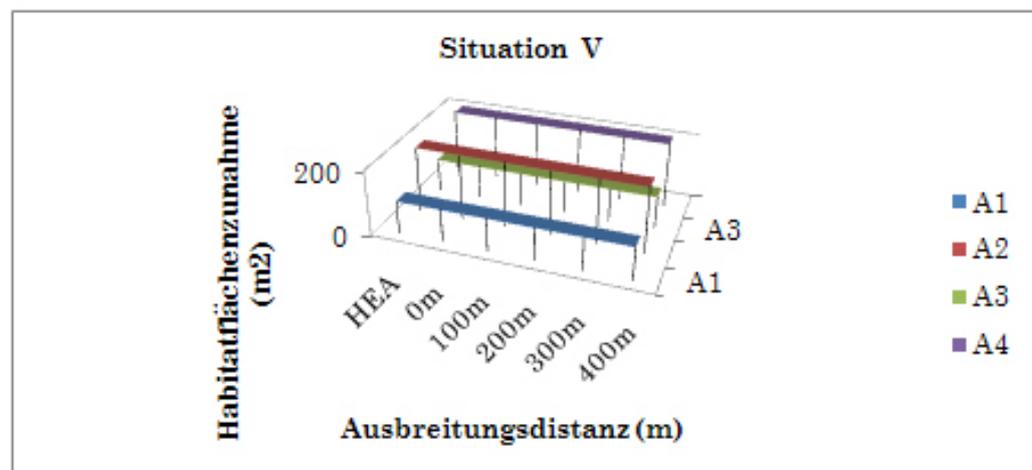


Abb. 31. Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation V.

Tab. 18. Die Resultate zur Situation V.

Situation V	A1	A2	A3	A4	DHF _{ges}
DHF _i	100.00 m ²	200.00 m ²	100.00 m ²	200.00 m ²	166.67 m ²
	A1	A2	A3	A4	VNG _{ges}
VNG _i	16.67%	33.33%	16.67%	33.33%	27.78%

Interpretation:

Analog Situation IV hat jede Fläche einen Wert. In diesem Fall unterscheiden sich diese aufgrund der unterschiedliche Grösse der Eigenfläche (und nicht aufgrund der räumlichen Konstellation)(s. Tab. 18).

3.6.7 Situation VI & VII

VI) A1 wird gelöscht und die Fläche A₁ (Habitatfläche) zählt nicht zur Gesamthabitatfläche (A_{total}).

VII) A1 wird gelöscht und die A₁ zählt zur Gesamthabitatfläche (A_{total}).

(s. Abb. 32& Abb. 33)

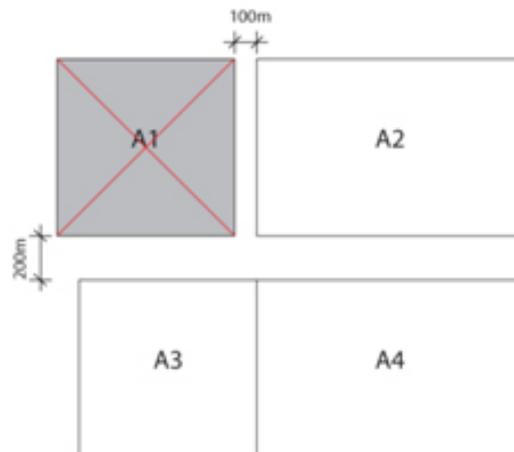


Abb. 32. Berechnungsbeispiel Situation VI.

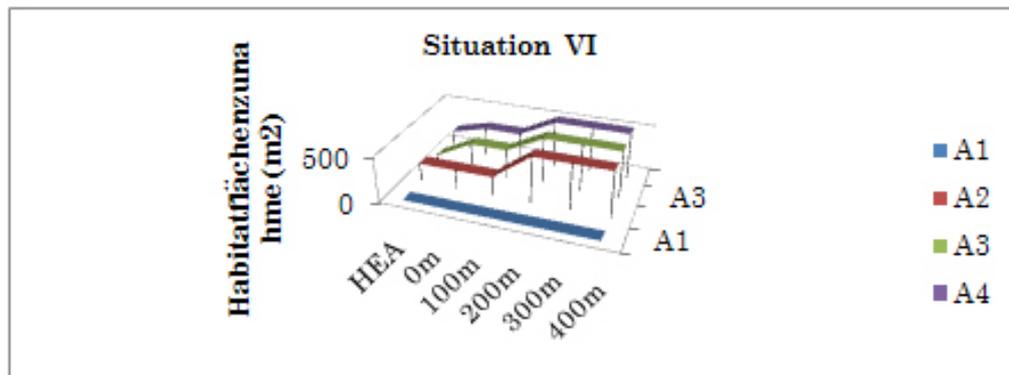


Abb. 33. Habitatflächenzunahme über Distanz in der Situation VI.

Tab. 19. Die Resultate DHF_i , VNG_i , DHF_{eff} & VNG_{eff} zur Situation VI.

Situation VI	A1	A2	A3	A4	DHF_{eff}
DHF_i	0.00 m ²	410.00 m ²	440.00 m ²	440.00 m ²	428.00 m ²
	A1	A2	A3	A4	VNG_{eff}
VNG_i	0.00%	82.00%	88.00%	88.00%	85.60%

Tab. 20. Die Resultate DHF_i , VNG_i , DHF_{eff} & VNG_{eff} zur Situation VII

Situation VII	A1	A2	A3	A4	DHF_{eff}
DHF_i	0.00 m ²	410.00 m ²	440.00 m ²	440.00 m ²	356.67 m ²
	A1	A2	A3	A4	VNG_{eff}
VNG_i	0.00%	68.33%	73.33%	73.33%	59.44%

Interpretation VI & VII

Verändert sich der Wert A_{total} negativ, so kann die neue Vernetzungssituation nicht mehr mit der Ursprünglichen verglichen werden. Im Falle der Auslöschung (Extinktion) einer Fläche, bzw. der Verkleinerung der Gesamthabitatfläche A_{total} müssen die resultierenden Werte genau betrachtet werden weil: Durch die Extinktion einer Fläche und der Anpassung der Gesamtlebensraumfläche A_{total} , verbessert sich das Verhältnis zwischen dem Gesamtlebensraum A_{total} und der distanzgewichteten Habitatfläche DHF_i , was in der Interpretation als Verbesserung der Situation gelten würde. (vgl. Tab. 19)

grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Art ein Habitat erreicht. Liegt das Habitat weiter entfernt, ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass das Habitat von der Art nie erreicht wird.

Zusammengefasst: Kurze Migrationswege bedeuten weniger Mortalität, besserer Genaustausch, grösseres Futterangebot, einfacheres Überleben, etc. Lange Migrationswege fordern mehr Energie, grösseres Mortalitätsrisiko durch natürliche Feinde oder. Verkehr, etc.

Gesamtlebensraum, Gesamthabitatfläche

A_{total} ist die Grösse, an welcher die Veränderung gemessen wird. Entsprechend muss also A_{total} als festes Mass definiert werden. In der vorliegenden Arbeit beschreibt A_{total} die Summe der Flächen der Lebensräume von Kantonaler Bedeutung. Diese Flächen beschreiben den Gesamtlebensraum resp. die Gesamthabitatfläche.

In den Berechnungsbeispielen (s. Kap. 3.6) wird aufgezeigt, was die Konsequenz der Veränderung von A_{total} bedeutet .

Die Formel zum DHF_i

Die DHF_i entspricht der distanzgewichteten Lebensraumfläche, welche über das Ausbreitungsgebiet eines Kerngebietes erreicht werden kann. Die DHF_i , die „effektive distanzgewichtete Habitatfläche“ wird in der Einheit m^2 , ha, etc. beschrieben.

Es gilt: $DHF_i = HEA_i + DHZ_i$,

wobei

- DHF_i = distanzgewichtete Habitatsfläche = Summe der Habitatflächenzunahme pro Habitat in m^2
- HEA_i = Habitatflächeneigenanteil
- DHZ_i = Distanzgewichtete Habitatsflächenzunahme.

Die Formel zum VNG_i

VNG_i ist der Prozentanteil der distanzgewichteten Habitatfläche, gemessen an der Gesamthabitatfläche A_{total} .

Es gilt:

$$VNG_i = \frac{100}{A_{total}} \times DHF_i,$$

wobei

- VNG_i = Vernetzungsgrad
- A_{total} = die *Gesamthabitatfläche* ist

3.5.2 Die effektive distanzgewichtete Habitatfläche DHF_{eff} und VNG_{eff}

Zusätzlich zum Vernetzungsgrad, bei welchem zu jedem einzelnen Habitat eine Anbindung an den Gesamtlebensraum errechnet wird, soll ein Mass definiert werden, welches die Gesamtvernetzungssituation im untersuchten Gebiet misst.

Dazu suchten wir nach einer Gesamtgrösse, die alle Informationen aus allen DHF_i verbindet und mit dem Wert von F_{ref} verglichen werden kann.

Das heisst, wenn $DHF_{eff} = A_{total}$, dann ist die bestmögliche Vernetzungssituation erreicht. Ist $DHF_{eff} < A_{total}$, dann ist nur ein bestimmter Teil des zur Verfügung stehenden Gesamtlebensraumes vernetzt. In der Folge können qualitative und quantitative Aussagen über die Anbindung des Lebensraums im gesamtkantonalen Kontext gebracht werden.

Die Formel zum DHF_{eff}

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein zufällig im Raum ausgesetztes Tier in einer bestimmten Fläche landet, hängt von der Grösse der Fläche A_j ab: Habitat j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) hat Fläche A_j .

Die Wahrscheinlichkeit Wkt_j im Habitat j zu „landen“, berechnet sich also:

$$Wkt_j = \frac{A_j}{\sum_{i=1}^n A_j}$$

Um von der „Landewahrscheinlichkeit“ in das Habitat j auf die „wahrscheinlich erreichbare Fläche zu schliessen, wird für die „effektiven distanzgewichteten Habitatfläche“ (DHF_{eff}) jede Fläche A_i mit dem DHF_i multipliziert.

Es gilt für:

$$DHF_{\text{eff}} = \frac{1}{A_{\text{total}}} \sum_{i=1}^n A_i \times DHF_i$$

$$= \frac{1}{A_{\text{total}}} \times (A_1 \times DHF_1 + A_2 \times DHF_2 + A_3 \times DHF_3 + \dots + A_n \times DHF_n)$$

wobei A_{total} die Gesamthabitatfläche, A_i die Fläche von Habitat i und die Anzahl Habitats, ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) und DHF_i die distanzgewichtete Habitatfläche ist.

Die Formel zum VNG_{eff}

Analog zum DHF_{eff} drückt der VNG_{eff} die Vernetzungsgesamtsituation prozentual aus.

$$VNG_{\text{eff}} = \frac{100}{A_{\text{total}}} \times \sum_{i=1}^n DHF_i,$$

wobei $i = 1, 2, 3, \dots, n$ und n die Anzahl Habitats ist.

Grenzverbindungsverfahren (Cross – Boundary- Verfahren)

Mit der effektiven Maschenweite m_{eff} (Jaeger, 2000) entwickelte Jochen Jaeger das Mass, das definiert, „wie gross Wahrscheinlichkeit dafür ist, dass sich zwei Tiere, welche vor der Zerschneidung ungehindert und unabhängig voneinander über die gesamte Fläche laufen konnten, sich in der selben (Teil-)Fläche befinden, wenn zu einem zufälligen Zeitpunkt ein Netz von zerschneidenden Linien über das Gebiet gelegt wird.“ (Jaeger, et al., 2001). Das „Cross Boundary Connections (CBC) Procedure“ (Moser, et al., 2007) ist eine Weiterentwicklung der effektiven Maschenweite. Das „CBC – Ver-

fahren“ berücksichtigt sämtliche Flächen die im Untersuchungsperimeter und darüber hinaus erreichbar sind. Dahingehend unterscheiden sich die Masse, dass CBC-Verfahren künstliche Grenzen nicht berücksichtigt, wie es in Natura Tierarten auch nicht tun.

Die Berechnungsmethode für den DHF_{eff} ist jener für die $m_{\text{eff}}^{\text{CBC}}$ sehr ähnlich. So gilt:

$$m_{\text{eff}}^{\text{CBC}} = \frac{1}{F_{\text{ref}}} \sum_{i=1}^n F_i \times F_i^{\text{compl}}$$

$$= \frac{1}{F_{\text{ref}}} (F_1 \times F_1^{\text{compl}} + F_2 \times F_2^{\text{compl}} + F_3 \times F_3^{\text{compl}} + \dots + F_n \times F_n^{\text{compl}})$$

Wenn n = die Anzahl der Patches ist, F_i die Grösse des Patches innerhalb der Grenzen des Untersuchungsgebietes ist ($i=1, 2, 3, \dots, n$); F_i^{compl} = gesamte Untersuchungsgebiet in welchem die F_i Bestandteil ist, inklusive der Fläche ausserhalb der Grenze des Untersuchungsgebiets. Ist F_i^{compl} vollständig im Untersuchungsgebiet enthalten, dann gilt $F_i^{\text{compl}} = F_i$. F_{ref} ist die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes (Reporting Units), wobei $F_{\text{ref}}^{\text{compl}}$ die Summe der Gesamtflächen der Patches (Habitate) innerhalb und ausserhalb des Untersuchungsperimeters ist (Das heisst von den Patches die einen Anteil im Untersuchungsgebiet F_{ref} haben, s. Abb. 20).

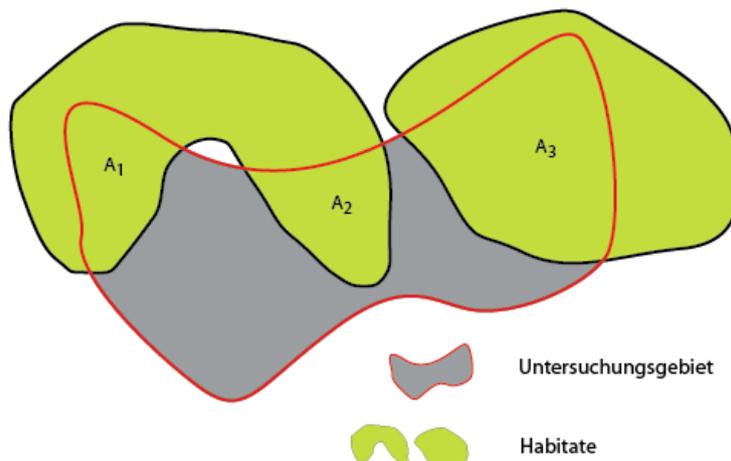


Abb. 20. Das rot umrandete Gebiet entspricht dem Untersuchungsgebiet mit der Fläche F_{ref} . Die grünen und die graue Fläche zusammen entsprechen $F_{\text{ref}}^{\text{compl}}$. Grafik: Yves Maurer

Die Ähnlichkeit zum DHF_{eff} besteht darin, dass in der Formel der Flächenanteil innerhalb des Untersuchungsgebiets F_i mit der gesamten erreichbaren Fläche F_i^{compl} multipliziert wird. Dies ist erforderlich um ausdrücken zu können, wie gross die durchschnittlich erreichbare Fläche ist, die von einem beliebig gewählten Punkt im Untersuchungsgebiet (F_{ref}) erreicht werden kann, ohne eine Barriere durchqueren zu müssen.

Dies ist ganz ähnlich bei der Berechnung der DHF_{eff} der Fall:

Der DHF_{eff} drückt aus, wie viel Fläche durchschnittlich von einem beliebig gewählten Punkt im Untersuchungsgebiet aus erreichbar ist. Alternativ kann dies interpretiert werden als die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Tiere begegnen können, von denen das erste Tier sich im Untersuchungsgebiet befindet und das zweite im Gebiet das aus der Gesamtfläche der Patches besteht, das heisst: $F_{\text{ref}}^{\text{compl}}$.

Der Unterschied zwischen den Methoden besteht darin, dass die erreichbaren Flächen, also die DHF_i nicht gleich sind der absoluten Flächen (wie F_i^{compl}), sondern über die Distanz gewichtet sind (s. Kap 3.5.1).

3.6 Berechnungsbeispiele zur Erläuterung der Landschaftsmasse

Für jedes Kerngebiet errechnet sich der Vernetzungsgrad über die distanzgewichtete Habitatflächenzunahme DHZ_i , die den Zielgrössen (nachfolgend Gesamthabitatfläche resp. A_{total}) gegenübergestellt wird..

In den folgenden Berechnungsbeispielen wird dargestellt, in welchen Situationen der Vernetzungsgrad und der Gesamtvernetzungsgrad gerechnet werden und wie sich die Werte aufgrund der landschaftsverändernden Massnahmen entwickeln.

Die nachfolgenden Beispiele beschreiben anhand eines Beispiels mit 4 Flächen, ($A_1 = 100m^2, A_2 = 200m^2, A_3 = 100m^2, A_4 = 200m^2$), wie sich die Landschaftsmasse berechnen und analysieren lassen.

Die Berechnungsbeispiele I bis III zeigen die Wirkung der Fragmentierung der Landschaft auf den Wert der distanzgewichteten Habitatflächenzunahme und den Vernetzungsgrad. Die Werte verhalten sich konsistent. Je stärker die Zerschneidung ist, desto kleiner wird die distanzgewichtete Habitatfläche. Die Berechnungsbeispiele IV und V entsprechen der Isolation der einzelnen Habitatflächen und legen dar, dass die Isolati-

on einzelner Flächen ebenfalls in den errechneten Werten abgebildet wird. Die Berechnungsbeispiele VI und VII beleuchten die Funktion der Berechnungsmethoden und regen die Diskussion an, welche Grösse A_{total} (s. Kap 3.5.1), beschrieben soll.

3.6.1 Distanzgewichtung in den Berechnungsbeispielen I bis VII

Wie im Kapitel 3.5.1 erläutert, wird die Flächenzunahme über die Distanz durch die Distanzgewichtung beeinflusst. In der Annahme, dass eine Art ihr angestammtes Habitat verlassen muss um z.B. Artgenossen zu finden, so muss sich diese Art durch Gebiete bewegen, die für diese Art keine Lebensraumqualitäten aufweist. Je weiter eine Art migrieren muss, desto schlechter ist die Lebensraumvernetzungssituation. Um dieses Prinzip abzubilden werden die erreichbaren Flächen über die Distanz gewichtet.

Ohne Distanzgewichtung würde die Vernetzungssituation bei unendlicher Wanderdistanz die bestmöglichen Werte ergeben. In den nachfolgenden Berechnungsbeispielen werden die Flächen bei 100m mit 80% der Fläche gerechnet, bei 300m mit 70% und bei 400m mit 40% gewichtet (s. Abb. 21).

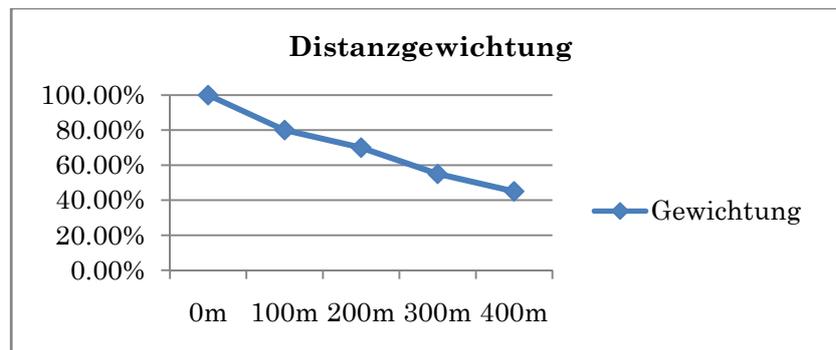


Abb. 21. Gewichtung der Habitatflächenzunahme über Distanz in den Berechnungsbeispielen 1-7.

3.6.8 Vergleich der Resultate der Berechnungsbeispiele

Nachfolgend sind zu den Berechnungsbeispielen I – VII die berechneten Masse DHF_i , VNG_i , DHF_{eff} & VNG_{eff} gegenübergestellt. Der Übersicht halber sind die Resultate in drei Stufen der Veränderung der Landschaft unterteilt.

- Situationen I-III entsprechend der „einfachen“ Zerschneidung der Landschaft. (s. Abb. 22- Abb. 27, sowie Tab. 14 - Tab. 16, sowie Abb. 34 & Abb. 35)
- Situationen IV-V zeigen die Einflüsse der Isolation von Flächen auf die Masse auf. (s. Abb. 28 - Abb. 31, sowie Tab. 17 - Tab. 18, sowie Abb. 36 & Abb. 37)
- Situationen VI-VII zeigen die Exstinktion einzelner Flächen und die Konsequenz für die Masse auf. (s. Abb. 32 - Abb. 33, sowie Tab. 19 - 0, sowie Abb. 38 & Abb. 39)

Situationen I-III (Zerschneidung)

Die Landschaftsmasse DHF_i und DHF_{eff} , sowie VNG_{eff} und VNG_i , nehmen mit der zunehmenden Zerschneidung bzw. der zunehmenden Trennung der Landschaftselemente kontinuierlich ab, obschon die Gesamthabitatfläche in allen drei Situationen dieselbe ist. In der weiteren Interpretation: Wenn Flächen durch Eingriffe verschwinden und durch Ausgleichsflächen ersetzt werden, ist der ursprüngliche Zustand wertvoller als die neue Situation (s. Abb. 34 & Abb. 35).

DHF_i und DHF_{eff} in m^2

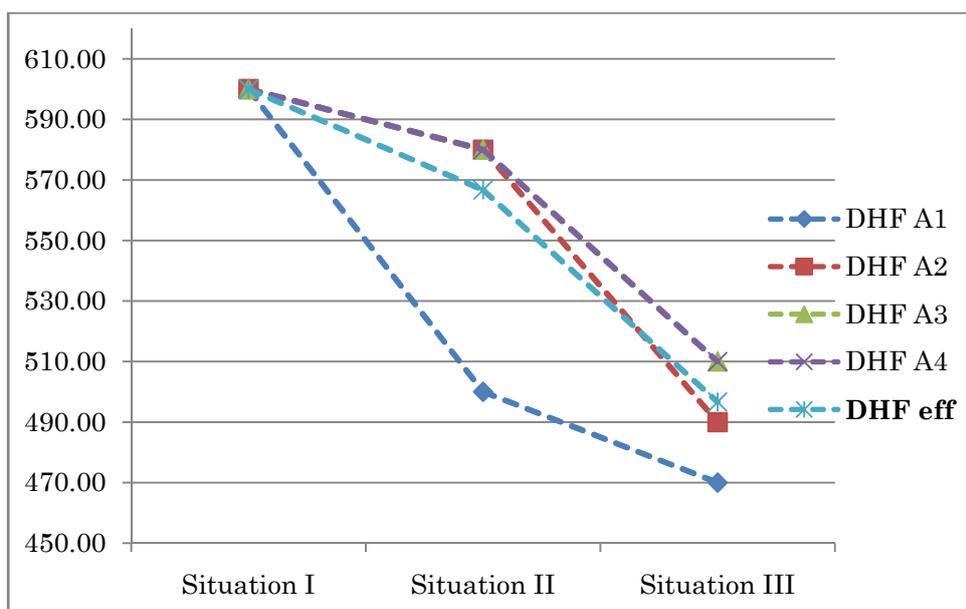


Abb. 34. Die abnehmende Wertigkeit DHF in m^2 über die zunehmende Zerschneidung.

VNG_i und VNG_{eff} in %

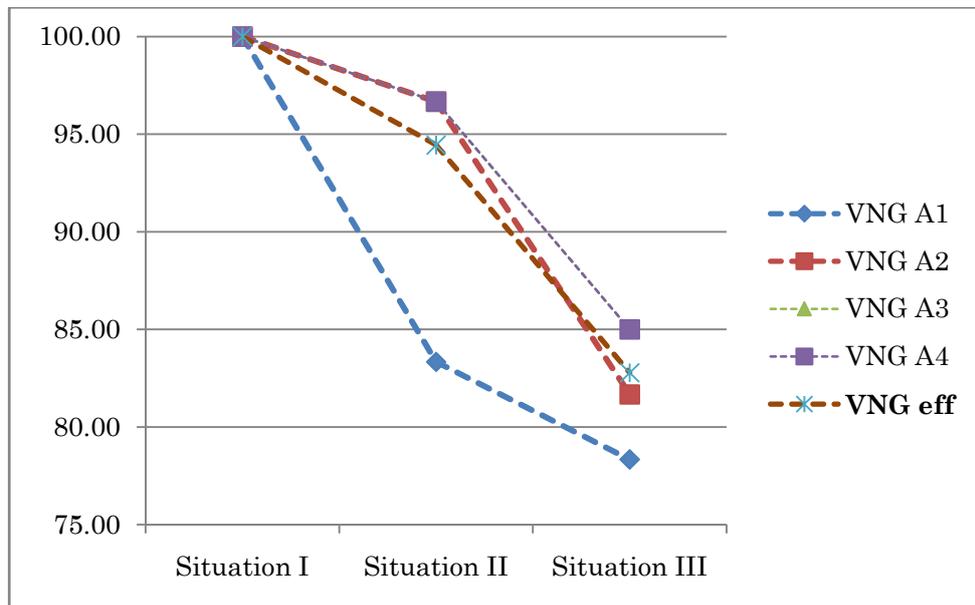


Abb. 35. Die abnehmende Wertigkeit des VNG in % über die zunehmende Zerschneidung.

Situationen IV-V (Isolation)

Durch die Isolation von Flächen verändern sich auch in diesem Fall die Landschaftsmasse negativ. Durch die Berücksichtigung der Eigenfläche, hat jede Fläche einen Mindestwert. Die Fläche A_2 ist in diesem Fall die isolierte Fläche. Der DHF_{eff} zeigt auf, dass die Fläche A_2 grösser als die durchschnittlich erreichbare Habitatfläche ist und somit trotz Isolation im Gesamtkontext eine wertvolle Fläche ist (s. Abb. 36 & Abb. 37).

DHF_i und DHF_{eff} in m^2

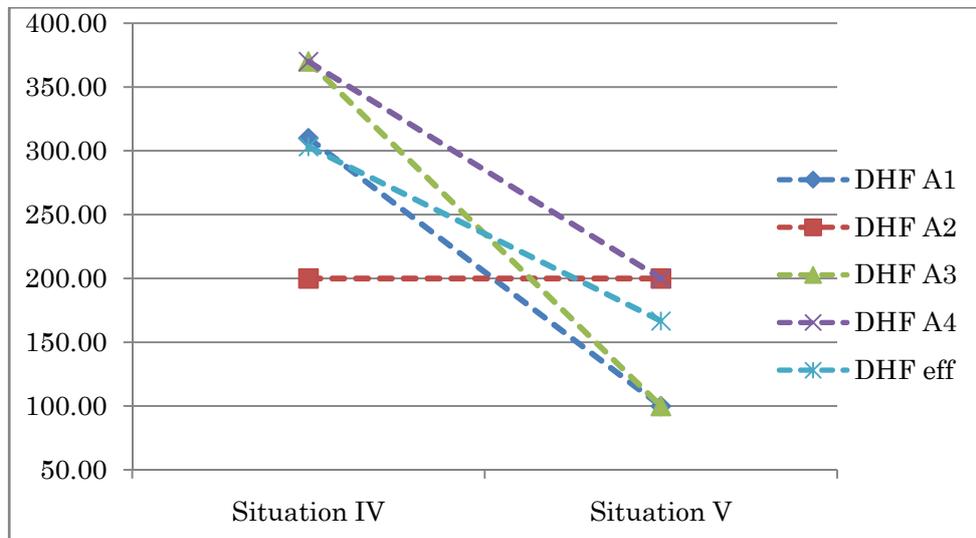


Abb. 36. Die abnehmende Wertigkeit DHF in m^2 über die zunehmende Isolation.

VNG_i und VNG_{eff} in %

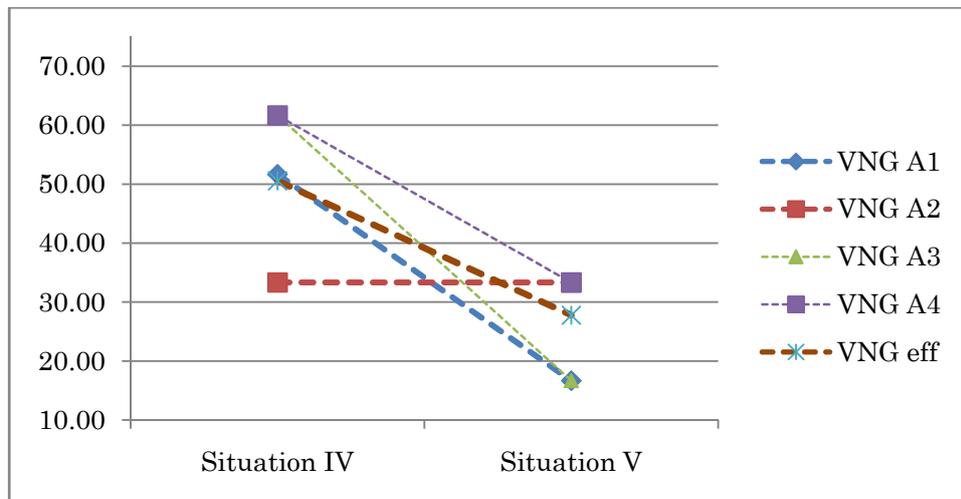


Abb. 37. Die abnehmende Wertigkeit des VNG in % über die zunehmende Isolation.

Situationen VI-VII (Extinktion)

Die Extinktion einer Fläche hier: A_1 führt zur Verkleinerung der Gesamthabitatfläche. Wie in der Interpretation 3.6.7 erwähnt müssen die Masse aufgrund der Veränderung der Gesamthabitatfläche genau betrachtet werden. Betrachtet man nur die Resultate der Situationen VI und VII, so zeichnen sich in den Massen DHF_i keine signifikante Veränderung ab, wo aber im Gegensatz der DHF_{eff} eine deutliche Verschlechterung der Vernetzungssituation darstellt. So nimmt dieser von der Situation VI zur Situation VII von 428m^2 auf 356.67m^2 ab.

Vergleicht man die Resultate der Situationen VI mit jenen der Situation III, so fällt auf, dass der Flächenverlust eine signifikante „Verbesserung“ der Vernetzungssituation ergibt. Dies aus dem Grund, weil das Verhältnis zwischen A_{total} und dem DHF_i , grösser wird (s. Abb. 38 & Abb. 39).

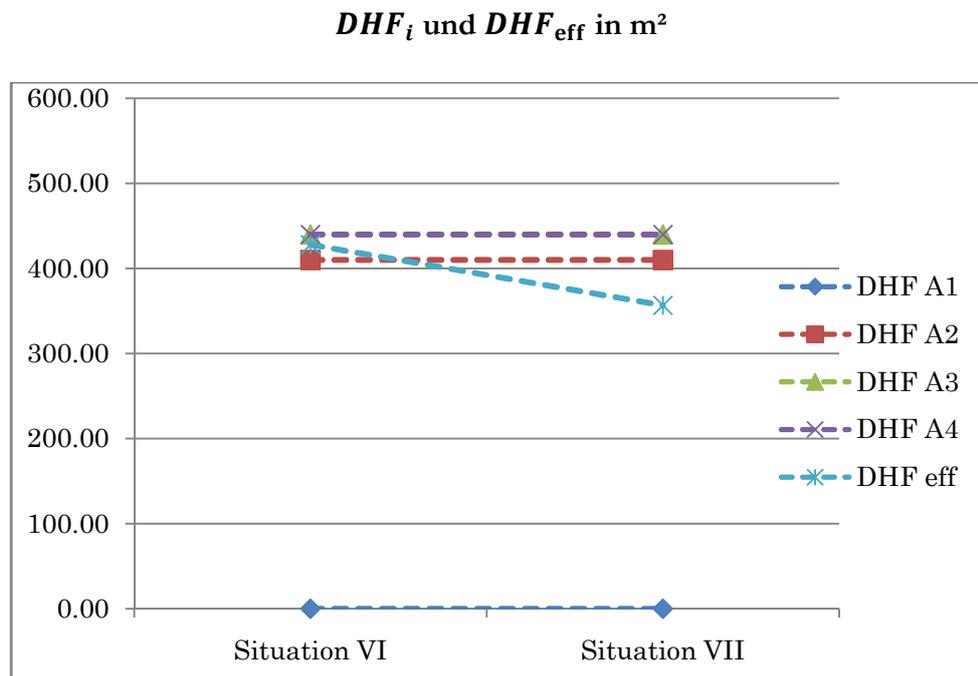


Abb. 38. Die abnehmende Wertigkeit DHF in m^2 über die Extinktion von Flächen.

VNG_i und VNG_{eff} in %

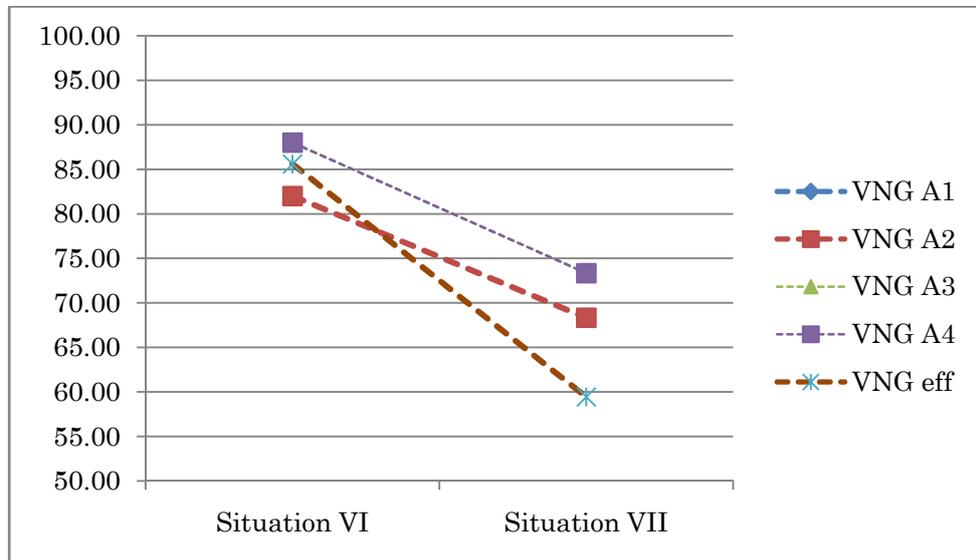


Abb. 39. Die abnehmende Wertigkeit des VNG in % über die zunehmende Extinktion.

3.7 Berechnungsvarianten für die Landschaftsmasse das Gebiet des Kantons Bern

Um die Auswirkung der Parameter in den Prozessmodellen beurteilen zu können, wurden sechs Varianten (A-F) gerechnet. Die nachfolgende Tabelle verschafft den Überblick über die Varianten und die Hierarchie der lebensraumbeschreibenden Strukturen sowie die Varianten der Kostenzuweisung mittels Reklassierungstabelle (s. Abb. 40) zu den Lebensraumkataster. Diese Reklassierungen des Lebensraumkatasters mittels Lebensraumtyp- und die tabellarische Verknüpfung wurden manuell vorgenommen, um die Kontrolle über die Richtigkeit der Arbeit zu gewährleisten.

Die drei Varianten des Lebensraumkatasters die sich in der Hierarchie der Überlagerung der Lebensraumstrukturen ergeben (s. Kap. 3.8), sowie die Varianten der Kostenzuweisung „Variante Feuchtgebiete 1“ (Var FG1) und „Variante Feuchtgebiete 2“ (VarFG2). Daraus resultieren die sechs Varianten der Kostenoberflächen (A-F), s. Tab. 21.

Tab. 21. Variantenübersicht der Lebensraumkasterkombinationen und der Kostenoberflächen

Var. Lebensraumkaster		Strasse über Gewässer (lrm_01)	Gewässer über Strasse (lrm_02)	Knotenpunkt Bach (lrm_03)
Var. Kostenoberfläche	Var FG1	Variante A	Variante B	Variante C
	Var FG2	Variante D	Variante E	Variante F

3.7.1 Kostenoberfläche - Variante Feuchtgebiete 1 - „FG1“

Die folgenden Widerstandswerte stammen aus dem Projekt Vernetzungsgrad Kanton Zürich. Da aber für den Kanton Bern nicht dieselben Datengrundlagen vorhanden waren, musste die Widerstandsliste angepasst und ergänzt werden. Dabei wurde beachtet, dass die Werte in etwa ähnlich bleiben wie jene aus dem Projekt des Kanton Zürich.

Code	CST_CODE	Lebensraume	VarFG1	VarFG2	TSF_FG1	TSF_FG2	VarFG1_10	VarFG2_10
4.2	42	Wärmeliebende Trockenrasen	2	2	0	0	20	20
4.2.1	421	Kontinentaler Trockenrasen*	9999999	1	0	0	99999990	10
4.2.1.1	4211	Inneralpine Felsensteppe	9999999	1	0	0	99999990	10
4.2.1.2	4212	Kontinentaler Halbtrockenrasen	2	1	0	0	20	10
4.2.2	422	Subalpinischer Trockenrasen*	2	1	0	0	20	10
4.2.3	423	Insubrischer Trockenrasen	9999999	1	0	0	99999990	10
4.2.4	424	Subalpinischer Halbtrockenrasen*	2	1	0	0	20	10
4.3	43	Magerrasen der Hochlagen	2	2	0	0	20	20
4.3.1	431	Blaugrashalde	9999999	2	0	0	99999990	20
4.3.2	432	Polsterseggenrasen	9999999	2	0	0	99999990	20
4.3.3	433	Fischseggenhalde*	9999999	2	0	0	99999990	20
4.3.4	434	Nacktriedrasen*	9999999	2	0	0	99999990	20
4.3.5	435	Borstgrasweide	9999999	2	0	0	99999990	20
4.3.6	436	Buntschwingelrasen	9999999	2	0	0	99999990	20
4.3.7	437	Krummseggenrasen	9999999	2	0	0	99999990	20
4.4	44	Schneetälchen	9999999	200	0	0	99999990	2000
4.4.1	441	Kalk-Schneetälchen*	9999999	200	0	0	99999990	2000
4.4.2	442	Sauerboden-Schneetälchen*	9999999	0	0	1	99999990	0
4.5	45	Fettwiesen und -weiden	9999999	50	0	0	99999990	500
4.5.1	451	Fromentalwiese	1	50	0	0	10	500
4.5.2	452	Goldhaferwiese	1	50	0	0	10	500
4.5.3	453	Kammgrasweide	9999999	50	0	0	99999990	500
4.5.4	454	Milchkrautweide	9999999	50	0	0	99999990	500
4.6	46	Grasbrachen	1	5	0	0	10	50
4.6.1	461	Fuderaler Halbtrockenrasen	1	5	0	0	10	50
4.6.2	462	Fiederzwenckenbrache	9999999	5	0	0	99999990	50
4.6.3	463	Fromentalbrache	9999999	5	0	0	99999990	50
4.6.4	464	Pfeifengrasbrache	9999999	5	0	0	99999990	50
4.6.5	465	Reitgrasbrache	9999999	5	0	0	99999990	50
5	5	Krautsäume, Hochstaudenfluren, Gebüsche	9999999	5	0	0	99999990	50
5.1	51	Saumgesellschaften	9999999	5	0	0	99999990	50
5.1.1	511	Trockenwarmer Krautsaum*	2	2	0	0	20	20
5.1.2	512	Messblät-Krautsaum	9999999	2	0	0	99999990	20

Abb. 40. Ausschnitt aus der Tabelle für die Lebensraumtyp – Widerstandskostentabelle. Die Vollständige Tabelle ist im Anhang zu finden.

3.7.2 Kostenoberfläche - Variante Feuchtgebiete 2 – „FG2“

Zur Evaluation der Wirkung der Prozessparameter des Widerstandsmodells bediente man sich im Projekt VNG ZH einer Zweitvariante des Hinderniskatasters. Die Hinderniswerte sind etwas schwächer, zusätzlich sind einige zusätzliche Lebensraumtypen, wie z.B. „übrige Flächen“ als Lebensraum definiert, dieses z.B. das Migrationsverhal-

ten von sehr mobilen Arten in diesem Gebiet zulässt. Die „übrigen Flächen“ aus dem Datensatz des Vektor25 wurden für die zweite Ausbreitungskostenvariante „FG2“ so bewertet, dass eine Art pro Meter (Luftlinie) den Aufwand von deren 50 aufbringen muss, um diese Zelle zu überschreiten. Somit kann eine Art bei einer maximalen Migrationsdistanz von 3000 kostengewichteten Meter, 60m Luftlinie weit migrieren.

A	B	C	D	E	F	G
OBJECTVAL	Beschreibung	lrm_ber	lrm_kat	lrm_typ	lrm_def	cst_code
Z_BaumS	Baumschule	8.0	8.1		8.1	81
Z_Fels	Fels	3.0	3.4		3.4	34
Z_Fluss	Fluss	1.0	1.2		1.2	12
Z_Gebue	Gebüsch	5.0	5.3		5.3	53
Z_GerGeb	Geröll mit Gebüsch	5.0	5.3		5.3	53
Z_GerGle	Geröll auf Gletscher	3.0	3.3		3.3	33
Z_GerWa	Geröll in Wald	6	6.0		6.0	60
Z_GerWaO	Geröll in offenem Wald	3.0	3.4		3.4	34
Z_Geroel	Geröll	3.0	3.4		3.4	34
Z_Glet	Gletscher	3.0	3.1		3.1	31
Z_GsPist	Graspiste	4.0	4.0		4.0	40
Z_HaPist	Piste mit Hartbelag	9.0	9.3		9.3	93
Z_KiGrub	Kiesgrube	3.0	3.3		3.3	33
Z_LeGrub	Lehmgrube	7	7		7	70
Z_ObstAn	Obstanlage	8.0	8.1	8.1.4	8.1	814
Z_Reben	Reben	8.0	8.1	8.1.6	8.1	816
Z_See	See	1.0	1.1		1.1	11
Z_Siedl	Siedlung	9.0	9.2		9.2	92
Z_StauDa	Staudamm*	9.0	9.2		9.2	92
Z_StauMa	Staumauer*	9.0	9.2		9.2	92
Z_SteBru	Steinbruch	3.0	3.3		3.3	33
Z_SumGeb	Sumpf mit Gebüsch	5.0	5.3	5.3.5	5.3	533
Z_SumWa	Sumpf in Wald	6.0	6.1		6.1	61
Z_SumWaO	Sumpf in offenem Wald	6.0	6.1		6.1	61
Z_Sumpf	Sumpf	2	2		2	20
Z_Uebrig	Übriges Gebiet	100	100	100	100	100
Z_Wald	Wald	6.0	6.0		6.0	60
Z_WaldOf	Wald offen	6.0	6.0		6.0	60

Abb. 41. Ausschnitt aus der Grundlagendaten – Lebensraumtyp-Reklassierungstabelle. (Hier für die Pri-märflächen des Vector25 zu CostCode)

3.7.3 Variante Lebensraumkataster 01 (lrm_01)

„Strasse über Gewässer“ - in dieser Variante liegen die Strassen im Lebensraumkatas-ter über den Gewässer. Dies bedeutet, dass beim Kreuzungspunkt der Widerstands-wert der Strasse zählt. Die Strasse wirkt je nach Widerstandwert (dieser von der Stras-senklasse abhängig ist) wie eine Barriere.

3.7.4 Variante Lebensraumkataster 02 (lrm_02)

„Gewässer über Strasse“ - in der zweiten Variante liegen die Gewässer über den Stras-sen. Im Modell bedeutet dies, dass die Strasse kein Hindernis für das Gewässer resp. für die migrierende Art ist.

3.7.5 Variante Lebensraumkataster 03 (Irm_03)

Diese Variante des Lebensraum und Hinderniskatasters beinhaltet an den neuralgischen Kreuzungspunkten von Strassen und Gewässer einen neuen „Lebensraumtyp“ (99). Dieser dient dazu, einen gemittelten Widerstandswert zu verwenden, um nicht mit den Extremen (entweder Strasse oder Gewässer) zu arbeiten. In dieser Variante wird die Wechselwirkung zwischen den lebensraumverbindenden und den zerschneidenden Strukturen explorativ modelliert.

3.8 Auswirkung der „Reihenfolge“ der Datenzusammenführung

Für die Kostendistanzanalyse basiert auf einer Datenebene von welcher die Ausbreitung startet und einer Datenebene welche die Widerstände darstellt. Die Problematik die ist jene, dass die Widerstandsoberfläche nur eine Information pro Zelle beinhaltet. Da sämtliche Datenebenen zu einer zusammengeführt werden, wirken aus technischer Sicht jene Widerstandszellen, die „zuoberst“ liegen.

Um den Einfluss dieser technischen Einschränkung aufzuzeigen, wird für die Kombination „Strasse über Gewässer“, wie auch „Gewässer über Strasse“ eine Ausbreitungsanalyse gerechnet. Ebenso werden die „Konfliktzellen“ erörtert. Diesen Konfliktzellen wird ein Mischwert aus Strassenwiderstand und Gewässerwiderstand zugewiesen. Dieser Schritt wird die Wechselwirkung zwischen Strasse und Gewässer aufzeigen.

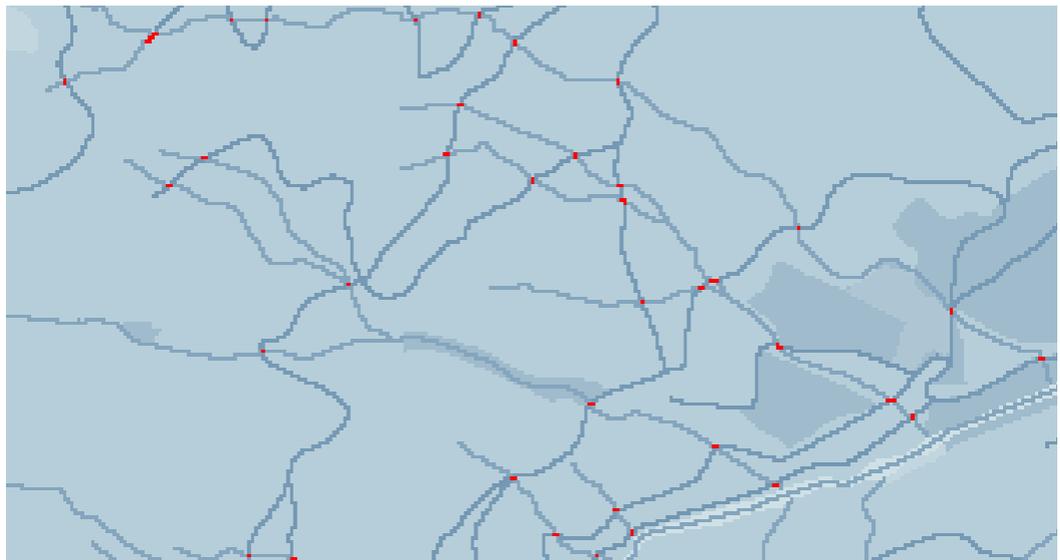


Abb. 42. Ausschnitt aus dem Lebensraumkataster Variante 3. Die roten Punkte zeigen die Kreuzungspunkte offener Gewässer und dem Strassennetz. Diese neuralgischen Punkte wurden evaluiert, um den Einfluss der Strassendurchlässe auf die Vernetzungssituation aufzuzeigen.

4 Resultate

4.1 Methode

Aus der vorliegenden Arbeit resultieren primär Erkenntnisse aus der Übertragung der Methode des Kanton Zürich auf den Kanton Bern, wie in Tab. 8 auf S. 38 gezeigt. Aus der Vielzahl der Prozessmodelle resultieren viele Datenebenen und Karten, anhand welcher die Methode diskutiert werden soll.

Die Variantenbildung welche die Wirkung der Parameter aufzeigt und die Beschränkung auf einen Lebensraumtyp erlauben eine kritische Betrachtungsweise da Extreme aufgezeigt werden, die bis anhin nicht Thematisiert wurden.

4.2 Prozessmodelle & Datenebenen

4.2.1 Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung wurde von Grund auf neu konzipiert. Da für den Kanton Bern ganz andere Datengrundlagen bestand haben, mussten diese neu analysiert und zu den erforderlichen Datenebenen prozessiert werden. Diese zum grössten Teil „automatisierten“ Prozesse (Geoprocessing-Tool) erlaubt die Daten effizient in die einzelnen Landschaftselemente zu zerlegen, diese für die Analyse notwendig sind.

4.3 Kostendistanzbasiertes Ausbreitungsmodell

4.3.1 Lebensraumkataster

Basierend auf den vorhandenen Datenebenen, die der Kanton für das Projekt zur Verfügung gestellt hat, wurde der Lebensraum- und Hinderniskataster nach (Delarze, et al., 1998) erstellt. Die Datenebenen wurden im ersten Prozessmodell (s. Abb. 43) nach lebensraumbezeichnenden Attributen getrennt und mittels der Werte der Lebensraumtypen-Widerstandsdatenbank zu einzelnen Rasterebenen aufgeteilt (s. Abb. 44). Dem Zellenwert wird der Lebensraumcode zugewiesen. Diesem Lebensraumcode werden im weiteren Verlauf des Prozesses Widerstandswerte zugewiesen.

Der Lebensraumkataster wurde in sechs verschiedenen Varianten erstellt um die Wirkung zwischen den Datenebenen zu untersuchen. Einen enormen Einfluss hat die Dichtedichte, resp. die Datenleeren Räume. So wurde in der Widerstandsvariante „FG2“ die Gebiete „z_uebrig“ aus dem Datensatz „Vector25 – Primärflächen“ (Landwirtschaftland, Offenland und sonstige Grünflächen) mit einem Widerstandswert versehen. Dies führte dazu, dass die Gebiete einen massiv besseren Anschluss an den Lebensraumverbund erhielten. In der Variante „FG1“ wurden unbekannte Flächen als leere Gebiete definiert. 1/3 der Gebiete war in der Folge aufgrund ihrer Lage isoliert und schnitten in der Vernetzungssituation überaus schlecht ab.

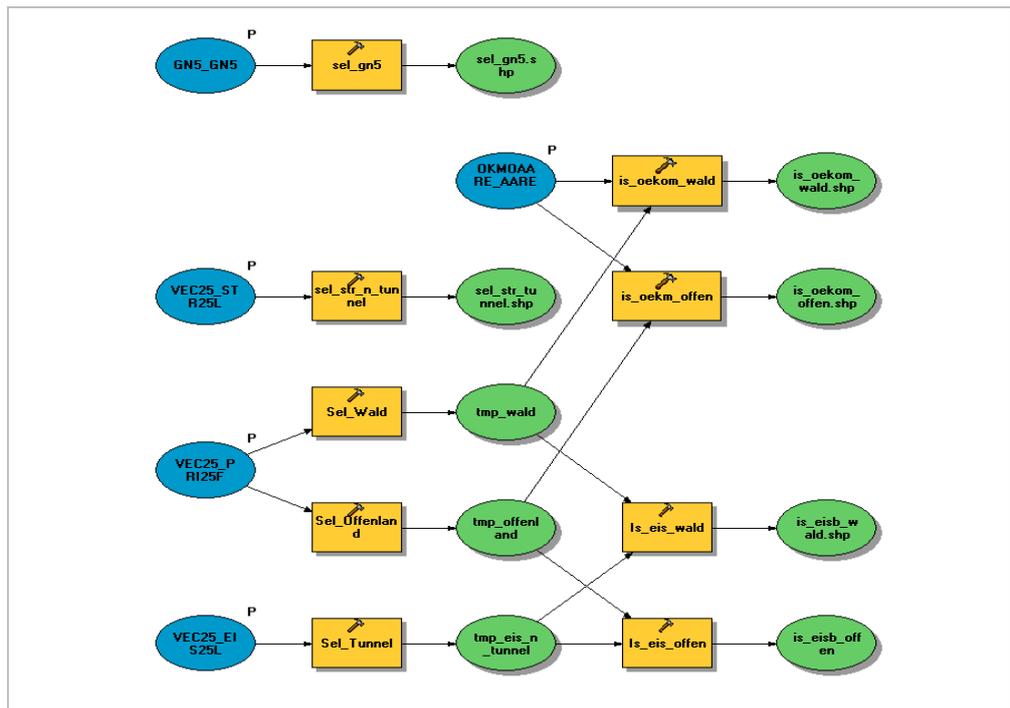


Abb. 43. Das Modell zur Datenaufbereitung der Vektordaten vor der Rasterung. Dieses Modell teilt das Landschaftsmodell Vektor25 (Schweizerischen Landestopografie), sowie kantonale Daten in einzelne Lebensräume auf. Die blauen Elemente entsprechen den Originaldaten, die gelben den Prozessen und die grünen Kreise repräsentieren Zwischenresultate oder Endresultate.

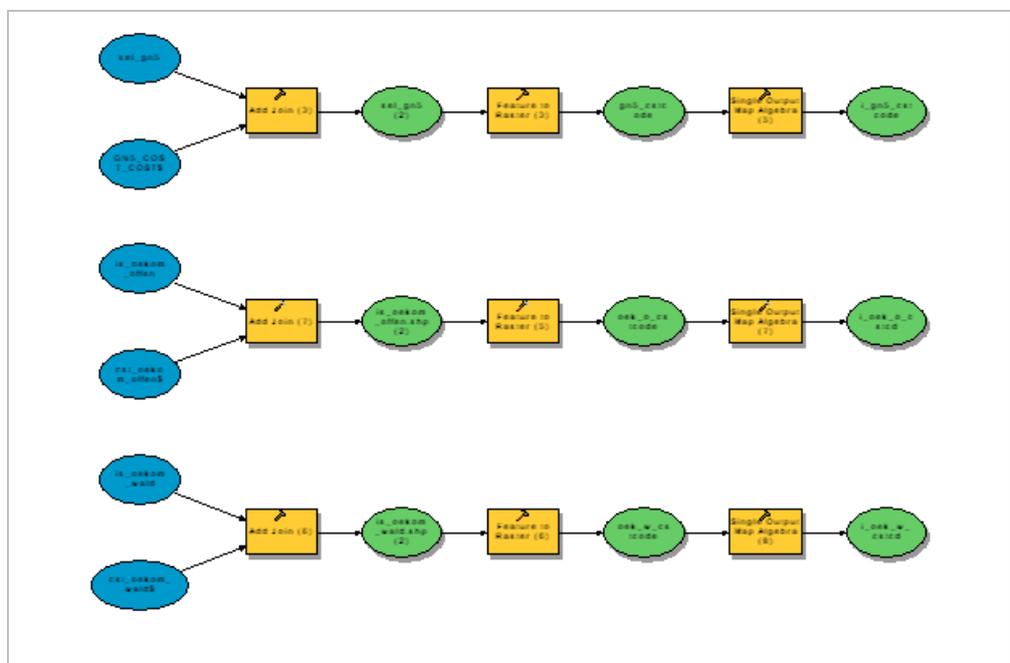


Abb. 44. Ausschnitt aus dem Modell zur Rasterung der Vektordaten: Zuweisung des „Cost-Codes“ und der Definition der Rasterzellengröße. Rasterdaten enthalten nur einen Wert pro Zelle, die Attribute der Vektordaten hingegen können unendlich viele Attribute aufnehmen. Mittels „Cost-Code“ wird der einzelnen Rasterzellen ein Schlüssel (s. Kap. 3.7.1) zugewiesen, diesem in den weiteren Prozessschritten die für die Analyse notwendigen Informationen angehängt werden.

4.3.2 Kerngebiete

Eine Schlüsselstelle in der Modellierung der Ausbreitungsebenen und der Zuweisung der Landschaftsmasse ist die Definition der Kerngebiete und ihre Einbettung in die erforderlichen Datenebenen.

Wie in Kap. 0 beschrieben musste in der Ausbreitungsmodellierung gewährleistet werden, dass die Kerngebiete als eine homogene, geometrische Einheit vorliegen. Daher galt es zu vermeiden, dass die Landschaftselemente von Interesse während des automatisierten Prozesses nicht zerschnitten werden und dadurch mehrere Kerngebiete dieselbe Identität aufweisen.

Durch die Vermengung von Raster- und Vektor-GIS, mussten die Rasterdaten in Vektoren und die Vektoren in Raster transformiert werden, um diese zu prozessieren (s. Abb. 46). Die Rasterung der Vektordaten führt zu einer „verpixelung“ der Kante (s. Abb. 45). Diese hat zur Folge, dass gerasterte Gebiete als Raster über die eigentliche (vektorielle) Gebietsgrenze ragen.

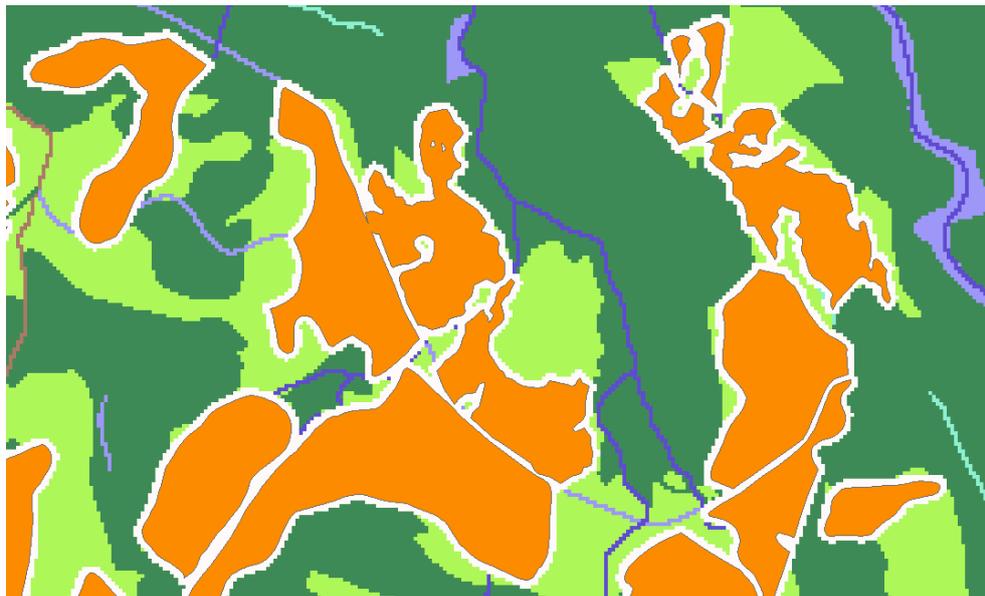


Abb. 45. Der weisse „Zerobuffer“ um die Kerngebiete herum.

Um den Zerschnitt der Kerngebiete zu verhindern, wurde ein Buffer gerechnet, welcher der doppelten Zellenweite (10m) entspricht. Dieses Gebiet wurde in die Kostenoberfläche (s. Kap. 4.3) eingefügt und verhindert dadurch den ungewollten Zerschnitt der Kerngebiete.

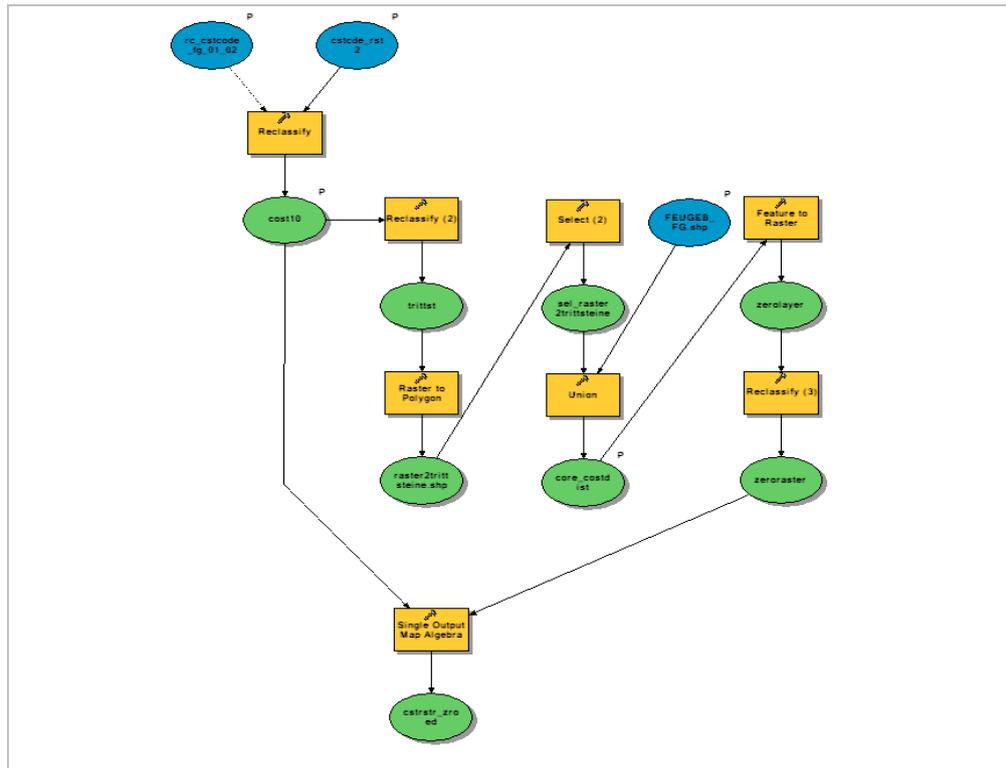


Abb. 46. Dieses Modell bereitet die Kostenoberfläche, sowie die Kerngebiete für die Ausbreitungsmodellierung auf. Dabei werden die Kerngebiete (inkl. der Trittsteine) aus dem Lebensraumkatalog extrahiert.

4.3.3 Ausbreitungsebene

Die Ausbreitungsebene als Produkt der Kostenoberfläche und der Kerngebiete (s. Abb. 47) stellen dar, wie die Landschaft zwischen den Kerngebieten erschlossen/isoliert ist. Je berechnete Variante (s. Kap. 3.7) resultiert eine Ausbreitungsebene mit der Ausdehnung von 3000m Kostendistanz.

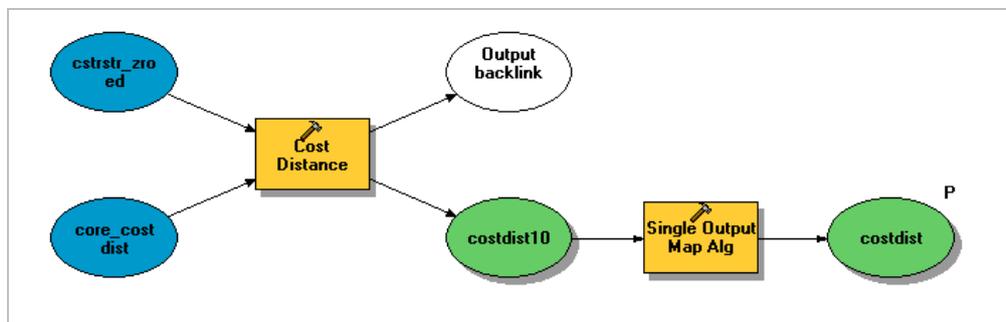


Abb. 47. Modell zur Berechnung der Ausbreitungsoberfläche. Um die Berechnung so effizient wie Möglich zu halten, wurden die Ausbreitungswiderstände als integrale Werte gehalten. Dafür wurden die Widerstandswerte mit 10 multipliziert, die Ausbreitung um ein zehnfaches weiter gerechnet und im Anschluss wieder mit 10 dividiert. Dieser Umweg erlaubte auf die Nachkommastellen zu verzichten und dadurch die Ausbreitungsmodellierung um ein Vielfaches zu beschleunigen.

4.3.4 Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme DHF(i)

Zur Berechnung der distanzgewichteten Habitatflächenzunahme werden im Modell die Ausbreitungseinseln in 7 Distanzen (250m; 500m; 750m; 1000m; 1500m; 2000m; 3000m) unterteilt (s. Abb. 48). Das Modell dient der Identifikation der Lebensräume (ebenfalls Kerngebiete), die in den Einzugsgebieten der jeweiligen Kerngebiete liegen.

Der Zusammenschluss der Lebensraumflächenzunahme pro Kerngebiet über die Distanz erfolgt über eine Abfrage der Accessdatenbank (Abb. 49).

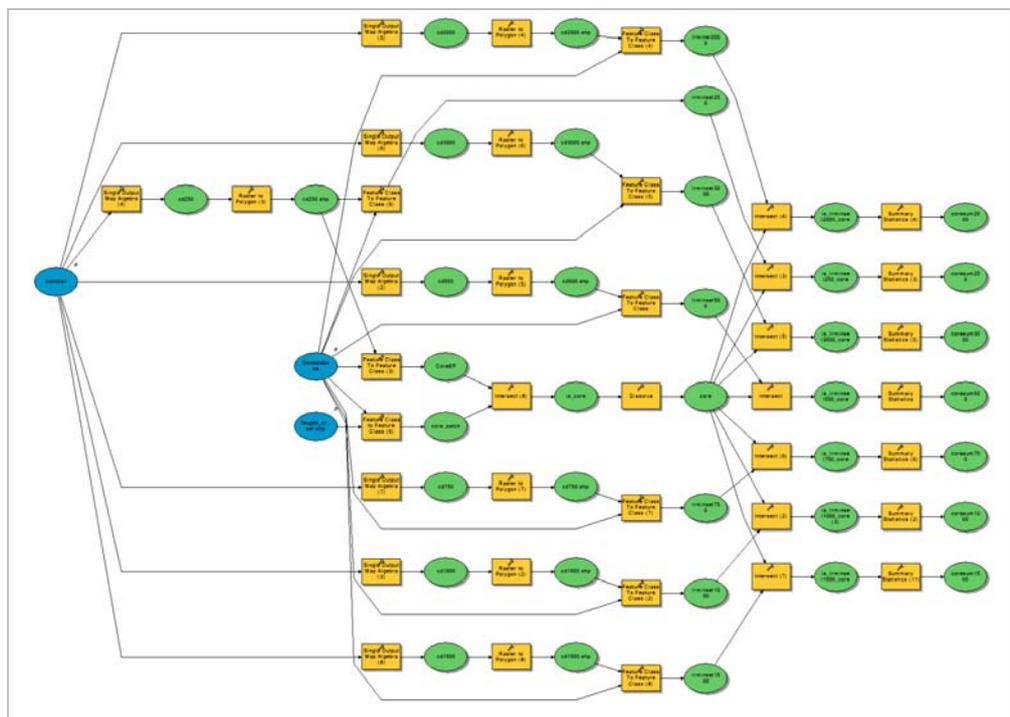


Abb. 48. Prozessmodell zur Berechnung der Habitatflächenzunahme, sowie der Identifikation der Lebensräume die über die Distanz zu einem Lebensraumkomplex „zusammenwachsen“. Die Identifikation der Gebiete wurde mittels „Intersect“, der gemeinsamen Schnittmenge der Geometrien vollzogen.

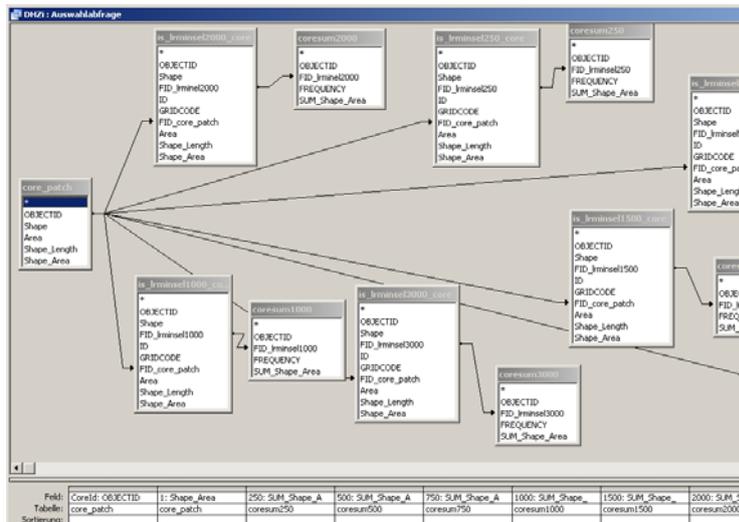


Abb. 49. Ausschnitt aus der Abfrage in der Access-Datenbank. Diese führt die summierten Flächen der Lebensraumkomplexe (pro Distanz) zusammen und kombiniert diese mit der Information des Kerngebietes. Daraus resultiert die Tabellenansicht (Abb. 50).

Die Access Abfrage wird in Excel zur Berechnung der Landschaftsmasse weiterverwendet. Über eine Datenverbindung werden die Daten direkt in Access abgefragt und im Tabellenblatt (Excel) zum DHF_i , VNG_i , DHF_{eff} & VNG_{eff} verrechnet.

Coreld	1	250	500	750	1000	1500	2000	3000
1	796.7445039	19913.03683	109607.5984	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
2	9833.458876	19913.03683	109607.5984	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
3	9282.83345	19913.03683	109607.5984	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
4	9632.208244	9632.208244	9632.208244	9632.208244	9632.208244	9632.208244	9632.208244	9632.208244
5	4935.739466	4935.739466	4935.739466	4935.739466	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163
6	30016.8091	89694.56153	109607.5984	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
7	3174.1342	13399.44503	13399.44503	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
8	59677.75243	89694.56153	109607.5984	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
9	859.527207	13399.44503	13399.44503	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
10	3464.614601	13399.44503	13399.44503	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
11	5901.169024	13399.44503	13399.44503	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
12	11974.41802	11974.41802	11974.41802	11974.41802	11974.41802	11974.41802	11974.41802	11974.41802
13	21743.72155	21743.72155	59061.34533	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
14	8826.21593	87243.79421	141336.6943	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
15	1906.531667	87243.79421	141336.6943	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
16	76511.04661	87243.79421	141336.6943	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
17	37317.62378	37317.62378	59061.34533	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
18	18778.65466	18778.65466	18778.65466	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
19	3694.37516	3694.37516	3694.37516	3694.37516	3694.37516	3694.37516	3694.37516	3694.37516
20	37990.25991	54092.90011	141336.6943	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
21	16102.6402	54092.90011	141336.6943	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
22	7189.633366	12244.10249	16297.51302	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
23	3677.048709	6375.119849	6375.119849	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
24	5054.469125	12244.10249	16297.51302	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857
25	2698.071144	6375.119849	6375.119849	404650.207	438523.6371	439107.4225	448361.3163	7402627.857

Abb. 50. Datenverknüpfung im Excel aus der Datenbankabfrage der Habitatflächenzunahme. Die erste Spalte beinhaltet die ID des Kerngebietes. Die zweite Spalte beinhaltet die Habitateigenfläche, die folgenden Spalten die reine Habitatflächenzunahme (noch ungewichtet). Diese Tabelle beinhaltet für jedes der 3400 Habitate im Kanton die entsprechenden Flächenzunahmen.

4.4 Landschaftsmasse

Für alle sechs Varianten (A-F) (s. Kap. 3.7) wurde die kostendistanzbasierte Ausbreitung, sowie die vier Landschaftsmasse, DHF_i , VNG_i , DHF_{eff} und VNG_{eff} (s. Tab. 22) berechnet.

4.4.1 DHF_{eff} und VNG_{eff}

Die zwölf Resultate des DHF_{eff} und des VNG_{eff} . Die enormen Unterschiede zwischen den Varianten „FG1“ und „FG2“ basiert auf den Aspekten, dass

Tab. 22. Gegenüberstellung des VNG_{eff} und DHF_{eff} der Berechnungsvarianten (A-F)

	Variante	VNG_{eff} (%)	DHF_{eff} (m ²)
„Var FG 1“	A	6.64694853	3'879'575
	B	6.52172964	3'806'489
	C	6.57981095	3'840'389
„Var FG2“	D	19.6658033	11'478'192
	E	19.6658386	11'478'213
	F	20.0399336	11'696'558

4.4.2 Die Werte von DHF_i und VNG_i

Für sämtliche 3400 Feuchtgebiete von kantonaler Bedeutung wurden für alle 6 Varianten für der Vernetzungsgrad VNG_i , sowie die distanzgewichtete Habitatflächenzunahme DHF_i berechnet (s. Tab. 23)

Tab. 23. Auszug aus der Resultattabelle mit der Gegenüberstellung des DHF_i und VNG_i .

ObjectID	A_ $DHF_i.VNG(i)$ (%)	A_ $DHF_i.DHF(i)$ (m ²)	B_ $DHF_i.VNG(i)$ (%)	B_ $DHF_i.DHF(i)$ (m ²)	C_ $DHF_i.VNG(i)$ (%)	C_ $DHF_i.DHF(i)$ (m ²)	D_ $DHF_i.VNG(i)$ (%)	D_ $DHF_i.DHF(i)$ (m ²)	E_ $DHF_i.VNG(i)$ (%)	E_ $DHF_i.DHF(i)$ (m ²)	F_ $DHF_i.VNG(i)$ (%)	F_ $DHF_i.DHF(i)$ (m ²)
1	2.987	1'743'351	0.606	353'572	2.983	1'741'078	23.911	13'955'854	23.911	13'955'854	24.209	14'130'166
2	2.988	1'744'073	0.607	354'295	2.984	1'741'801	23.912	13'956'577	23.912	13'956'577	24.211	14'130'889
3	2.988	1'744'029	0.607	354'251	2.984	1'741'757	23.912	13'956'533	23.912	13'956'533	24.211	14'130'845
4	0.017	9'632	0.017	9'632	0.017	9'632	13.842	8'078'771	13.842	8'078'771	13.934	8'133'038
5	2.973	1'735'306	0.592	345'528	2.969	1'733'033	23.911	13'956'185	23.911	13'956'185	24.210	14'130'497
6	2.999	1'750'573	0.618	360'795	2.995	1'748'300	23.915	13'958'192	23.915	13'958'192	24.213	14'132'504
7	2.975	1'736'350	0.594	346'572	2.971	1'734'077	23.911	13'956'044	23.911	13'956'044	24.210	14'130'356

8	3.003	1'752'946	0.622	363'168	2.999	1'750'673	23.919	13'960'565	23.919	13'960'565	24.218	14'134'877
9	2.975	1'736'165	0.593	346'387	2.971	1'733'892	23.911	13'955'859	23.911	13'955'859	24.209	14'130'171
10	2.975	1'736'373	0.594	346'595	2.971	1'734'101	23.911	13'956'068	23.911	13'956'068	24.210	14'130'380
11	2.975	1'736'568	0.594	346'790	2.971	1'734'296	23.912	13'956'263	23.912	13'956'263	24.210	14'130'574
12	0.021	11'974	0.021	11'974	0.021	11'974	19.207	11'210'660	19.207	11'210'660	19.312	11'271'585
13	2.984	1'741'616	0.603	351'838	2.980	1'739'343	23.646	13'801'008	23.646	13'801'008	23.944	13'975'320
14	3.000	1'750'927	0.619	361'149	2.996	1'748'654	23.912	13'956'497	23.912	13'956'497	24.211	14'130'808
15	2.999	1'750'374	0.618	360'595	2.995	1'748'101	23.911	13'955'943	23.911	13'955'943	24.210	14'130'255
16	3.009	1'756'342	0.628	366'564	3.005	1'754'069	23.921	13'961'911	23.921	13'961'911	24.220	14'136'223
17	2.988	1'743'952	0.607	354'174	2.984	1'741'680	23.916	13'958'776	23.916	13'958'776	24.214	14'133'088
18	2.978	1'738'352	0.597	348'573	2.974	1'736'079	23.644	13'800'356	23.644	13'800'356	23.943	13'974'668
19	0.006	3'694	0.006	3'694	0.006	3'694	19.169	11'188'468	19.169	11'188'468	19.274	11'249'393
20	3.000	1'750'940	0.617	360'034	2.994	1'747'540	23.916	13'958'830	23.916	13'958'830	24.215	14'133'142
...

Es wird darauf verzichtet, die gesamte Tabelle darzustellen, denn sie umfasst rund 60 A4 Seiten. Die Zahl der Objekte (erste Spalte) beträgt 3400.

4.5 Karten

Für die weitere Diskussion wurden Kartenblätter erstellt, welche die Auswirkungen der Parameter im Raum darstellen. Die beiliegenden Karten zeigen einzelne Ausschnitte im Kanton, welche die Vernetzungssituation am plakativsten darstellen. Für die Darstellung wurden Daten aus den Varianten A und D gewählt, da diese die Extreme der Einflüsse der Modellparameter am schönsten darstellen.

Um die Vernetzungssituation und die Einflüsse der Varianten grafisch darzustellen, wurden Karten im Massstab 1:80'000, 1: 40'000 und 1:20'000 erstellt. Im Masstab 1:50'000 liegt eine einzelne Karte vor, diese dient der Diskussion des DHF_{eff} resp. dem VNG_{eff} . Die Karten liegen in elektronischer und /oder gedruckter Form der Arbeit bei (s. Abb. 51 - Abb. 57).

4.5.1 50'000er – DHF Karte

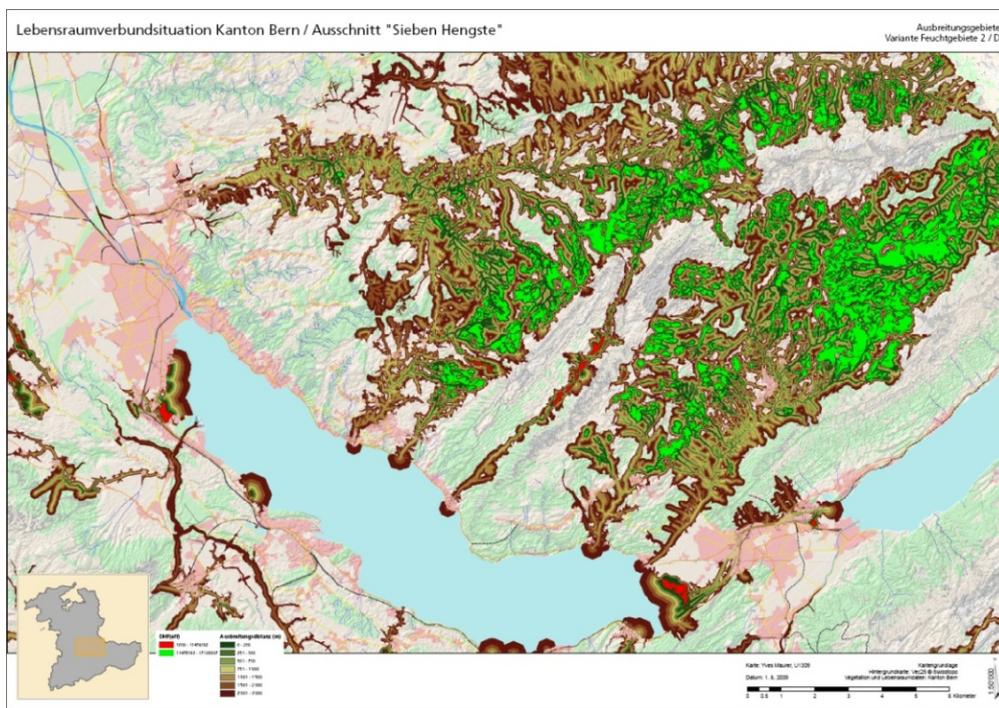


Abb. 51. Kartografische Darstellung des DHF_{eff} in der Region der „Sieben Hengste“. Die von gelb zu braun verlaufenden Gebiete sind die Ausbreitungsgebiete resp. die Ausbreitungseinseln welche darstellen, welche Räume von den Kerngebieten aus erreicht werden können. Hellgrün dargestellt sind jene Flächen welche mindestens das Mass des DHF_{eff} erreichen, rot, jene die das Mass nicht erreichen.

4.5.2 80'000er

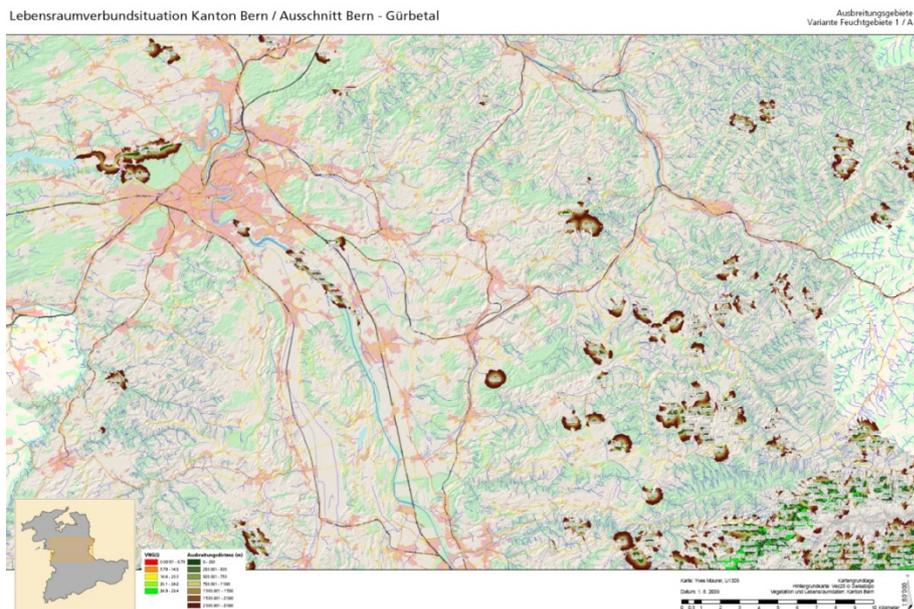


Abb. 52. Lebensraumverbundsituation Variante A. Region Bern - Gürbetal. Die Werte in der Variante A stellen eine nur beschränkt permeable Landschaft dar. Die meisten Gebiete sind isoliert oder finden nur beschränkt Anschluss an weitere Lebensräume.

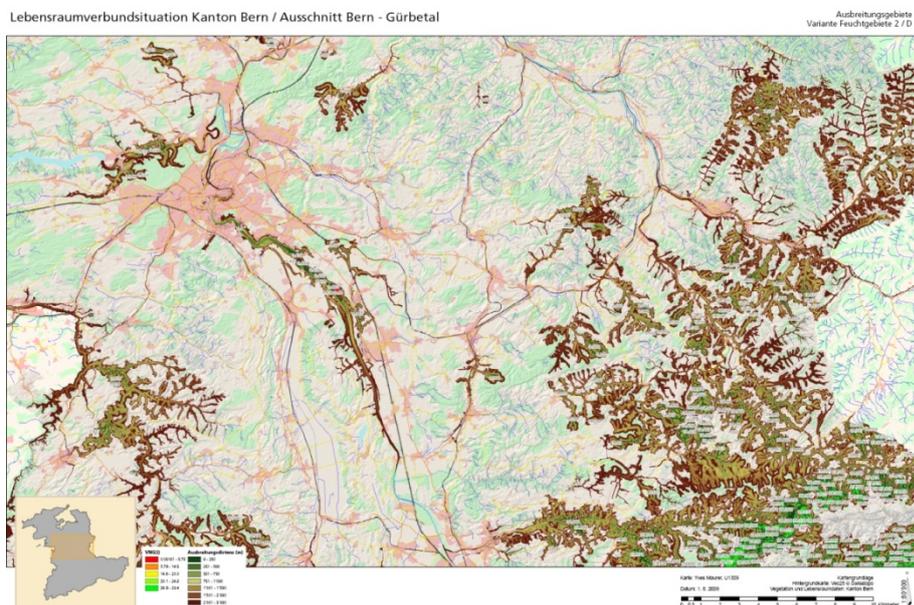


Abb. 53. Lebensraumverbundsituation Variante 2D. Region Bern – Gürbetal. Im Vergleich zur Berechnung der Variante A (s. Abb. 52), finden die meisten Gebiete den Anschluss an den Lebensraumverbund, zumindest an Teile davon. Die Widerstände sind weniger restriktiv, vor allem aber sind die „Übrigen Flächen“ überwindbar.

4.5.3 40'000er

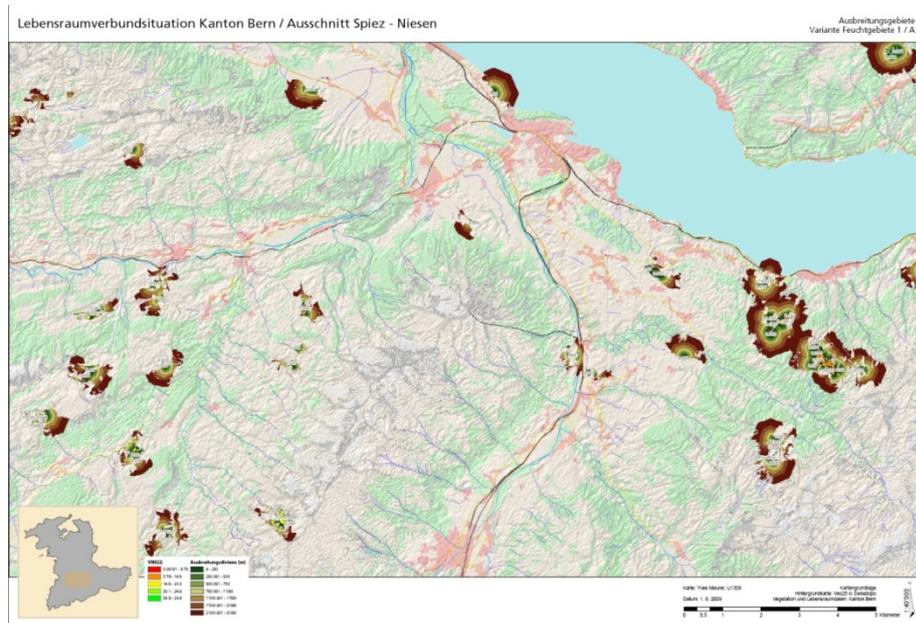


Abb. 54. Lebensraumverbundsituation Variante A. Region Spiez – Niesen. Es gilt dieselben Aspekte wie in Abb. 52 zu berücksichtigen.

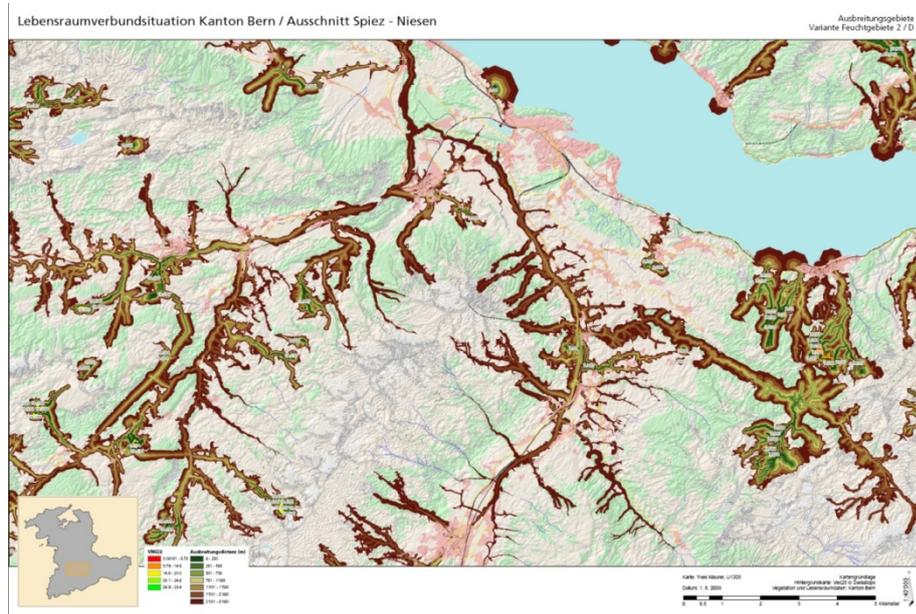


Abb. 55. Lebensraumverbundsituation Variante D. Region Spiez – Niesen. Derselbe Ausschnitt wie in Abb. 54, nur mit den Parameter wie bei Abb. 53. Gut zu sehen ist die trennende Wirkung der Siedlungsräume (rosa dargestellt).

4.5.4 20'000er

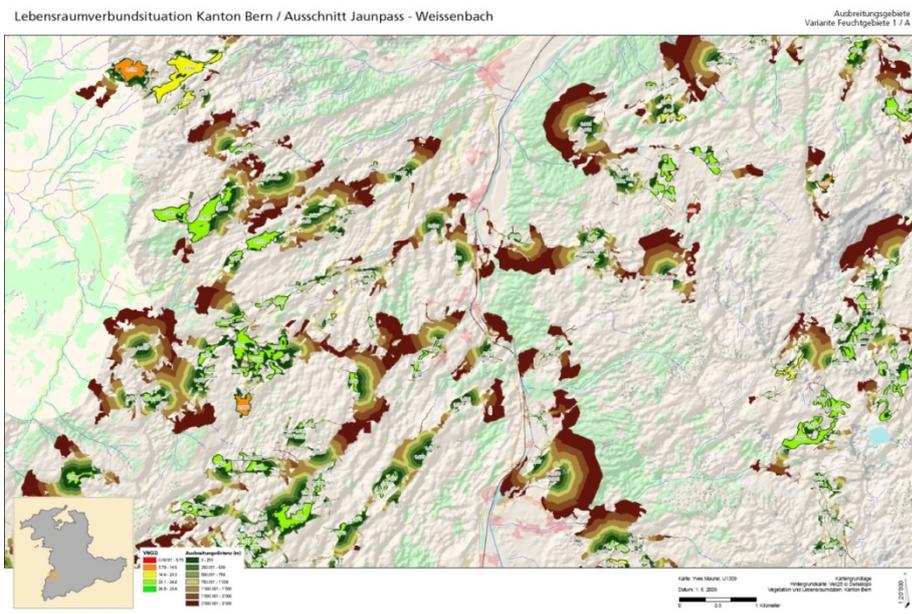


Abb. 56. Lebensraumverbundsituation Variante A. Region Jaunpass – Weissenbach. In diesem sehr abgelegenen, montanen Gebiet, ist trotz der sehr stark wirkenden Widerstandswerte eine ziemlich gute Lebensraum-Vernetzungssituation anzutreffen.

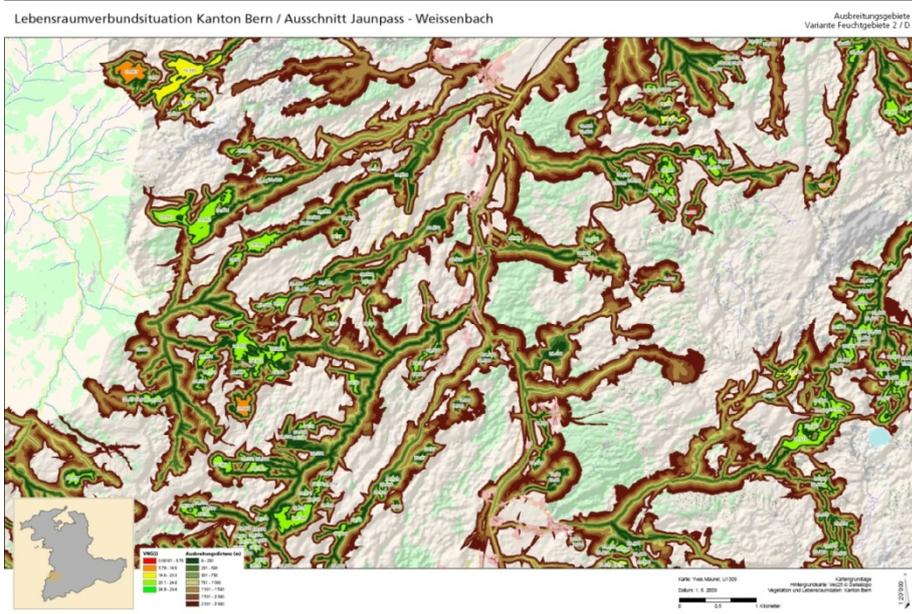


Abb. 57. Lebensraumverbundsituation Variante D. Region Jaunpass – Weissenbach. Die Ausbreitungsinseln in der Variante D zeigen eindrücklich auf, dass die Vernetzungssituation in dieser Region fast perfekt ist. Diese Situation auf der Karte erfordert eine kritische Auseinandersetzung mit den Widerstandswerten und der maximalen Ausbreitungsdistanz.

5 Diskussion

Die Resultate der vorliegenden Arbeit zeigen die Bandbreite der Auswirkungen der Parameter auf. Die Vernetzungssituation der Feuchtgebiete im Kanton Bern wurde mit der vorliegenden Arbeit modelliert und berechnet. Die Landschaftsmasse wurden präzisiert und ergänzt. So ist es nun auch möglich, auf kantonaler Ebene die Vernetzungssituation zu erfassen. Im Folgenden wird die Übertragbarkeit des Modells diskutiert, wobei die Schwachpunkte und Abhängigkeiten genannt werden.

5.1 Methode

Die Methode zur Berechnung der vier Landschaftsmasse mittels Ausbreitungsmodellierung ist in der Entwicklung sehr aufwendig und in der Ausführung stark abhängig von den verfügbaren Geodaten und ihrer Interpretation derselben. Stehen das Modell und die Grundlagendaten zur Verfügung, ist die Berechnung der Landschaftsmasse sehr effizient zu bewältigen.

Für die Anwendung der Methode auf den Kanton Bern mussten viele Geodaten interpretiert und zu neuen Datenebenen verarbeitet werden. Die grösste Schwierigkeit bestand darin, die bestehenden Daten des Landschaftsmodells (Vektor 25) der Schweiz nach dem Schlüssel der Lebensräume der Schweiz zu klassieren, da das Datenmodell keine naturräumlichen Gegebenheiten beinhaltet. Ebenfalls war die Interpretation der kantonalen Daten keine einfache Aufgabe, so mussten die Metadaten zu den Daten genau studiert werden um die Lebensraumzuweisung nach Delarze et al. zu vollziehen.

Gleichzeitig stellt sich die Frage, ob eine detailliertere Datengrundlage die Arbeit vereinfacht hätte. Mit den Daten, die zur Verfügung standen, konnten die Modelle gerechnet werden und Erkenntnisse über die Modellparameter, die einen Einfluss auf die Landschaftsmasse haben, gewonnen werden. Die Varianten die gerechnet wurden zeigen die Bandbreite der möglichen Vernetzungssituationen auf und müssen immer mit dem Wissen über die Parametrisierung interpretiert werden.

5.2 Prozessmodelle & Datenebenen

Die Prozessmodelle, die in ESRI's ArcGIS erstellt wurden, bieten den enormen Vorteil, dass die räumliche Ausbreitungsanalyse sehr effizient wiederholt werden kann. Für die Berechnung der Landschaftsmasse sind im GIS an die 90 automatisierte Prozesse zu zählen (die manuellen Prozesse nicht einberechnet, auch nicht jene in den Programmen Access und Excel). Gerade im Fall der vorliegenden Arbeit erlauben die Prozessmodelle eine effiziente Variantenbildung von Ausbreitungsoberflächen und die Berechnung der Landschaftsmasse für diese Varianten.

Sollte der Kanton sich entscheiden, den Vernetzungsgrad umzusetzen, so kann auf der Basis der vorliegenden Arbeit eine Expertengruppe einberufen werden, um die fehlenden Parameter zu erarbeiten und in das Modell einzubinden (s. Kap. 5.5).

5.2.1 Datenebenen

Die resultierenden Datenebenen liegen als Geodaten vor und können für weitere Analysen verwendet werden. Die umfasst die Produkte aus den sechs Varianten, welche berechnet worden sind. Die Datensätze dienen der Beschreibung der Lösung und der Erläuterung der Einflüsse der Parameter auf die Resultate.

Aus datenrechtlichen Gründen (Nutzungsvereinbarung mit dem Kanton Bern) liegen die Daten der Arbeit nicht bei.

Lebensraumkataster

Der Vektor25 der Swisstopo dient der Modellierung des Lebensraumkatasters nach Delarze et al. Ergänzend nutze ich die Daten des Kantons Bern, die auf dem Geodatenserver frei erhältlich sind, z.B. sämtliche Naturschutzdaten und Inventare. Die Interpretation und Reklassierung dieser Daten bedarf pflanzensoziologisches und faunistisches Fachwissen, um die Interpretation der räumlichen Informationen korrekt zu vollziehen.

Drei Lebensraumkataster wurden mit der Zielsetzung erstellt, die Einflüsse der Hierarchie der Elemente auf die Ausbreitungsmodelle zu beschreiben. Wie in den Resultaten beschrieben, wurde das Hauptaugenmerk auf die neuralgischen Punkte zwischen den Strassen und Gewässern gerichtet. Da die „obersten“ Landschaftselemente bei der Ausbreitungsmodellierung wirken (s. Abb. 42), wurden die Kreuzungspunkte extrahiert und mit einem eigenen Widerstandswert in die Kostenoberfläche eingerechnet. Dies führte dazu, dass in der Ausbreitungsmodellierung die Wechselwirkung zwischen Strassen und Gewässern realistischer abgebildet werden konnten. Mit der Extraktion der neuralgischen Punkten und der Zuweisung eines gemittelten Widerstandswertes stellte das Modell dar, was die Auswirkung auf die Gesamtlebensraumvernetzung ausmacht, wenn die Strassendurchlässe aufgewertet werden.

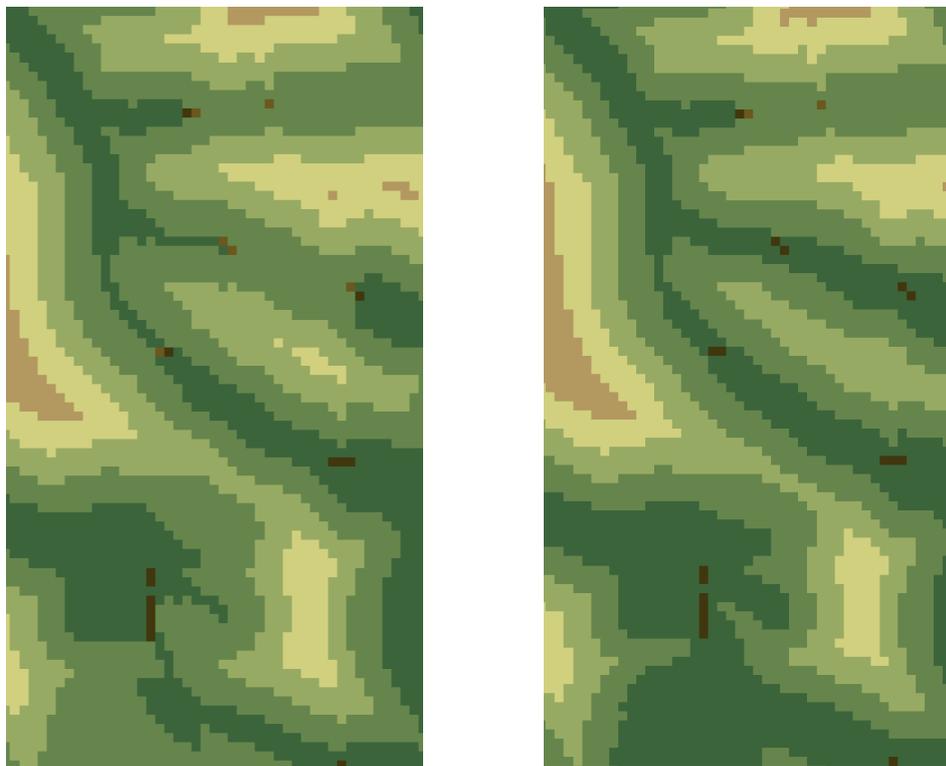


Abb. 58. Gegenüberstellung der Wirkungen der Landschaftselementen. Braun sind die neuralgischen Punkte zwischen Strassen und Gewässern. Grün sind die Ausbreitungsinseln abgebildet. Im linken Bild wirken die Kreuzungspunkte als Sperre resp. Hindernis, rechts wurde diesen Punkten einen geringeren Widerstandswert zugewiesen, was dazu führt, dass die Lebensräume besser vernetzt sind. (s. auch Abb. 42)

Hinderniskataster

Auf den Lebensraumkatastern aufbauend wurden die Hinderniskataster erstellt (für jede Variante einer, sechs an der Zahl). Die Hinderniskataster A bis F, resultieren aus den Expertenmeinungen des Projekte Vernetzungsgrad Kanton Zürich. Die Variante „FG1“ (Feuchtgebiete 1) wurde kaum ergänzt oder angepasst. Vor allem wurde hierbei die Haltung des Kanton Zürich strikte verfolgt, dass wenn ein Gebiet nicht klar abzugrenzen ist, dass dann für die Arten kein Durchkommen gilt.

Die zweite Lebensraumvariante (Hindernisvariante) „FG2“ (Feuchtgebiete 2) basiert ebenso auf der Expertenmeinung des Kanton Zürich, nur dass die „Übrigen Flächen“ (z_uebrig) des Vektor25 einen Widerstandswert zugewiesen bekamen. Dies führte zu einer massiv besseren Vernetzungssituation im Kanton. Aus dem Grund, dass in den ersten drei Varianten (A-C) von 3400 Kerngebieten 1018 vollständig isoliert, respektive von „z_uebrig“-Land umgeben sind. Flächenmässig schlagen diese mit rund einem 10tel der wertvollen Fläche zu Buche. Mit der Einbindung der Gebiete in die Landschaft ist die Vernetzungssituation etwas optimistischer und vor allem plausibler, da Gebiete von kantonalem Interesse kaum derart isoliert sein sollten.

Ausbreitungsoberfläche / Ausbreitungsiseln

Aus der Ausbreitungsanalyse resultiert die Ausbreitungsoberfläche. Die Ausbreitungsoberfläche dient nebst der Berechnung der Vernetzungssituation auch der grafischen Unterstützung der Resultate. Die Ausbreitungskorridore werden sichtbar gemacht. Aus der Analyse resultieren die Ausbreitungsiseln, jene Distanzregionen um die Kerngebiete, welche über eine bestimmte Distanz erreicht werden können.

Die sechs gerechneten Varianten können im Grossen und Ganzen in zwei Klassen unterteilt werden. Die extremste Wirkung auf die Modellierung der Vernetzungssituation ist in der Informationsdichte zu finden. Wie in den Varianten A-C angewandt, führt die Reklassierung nicht gänzlich bekannter Flächen zu „NoData“ respektive als unüberwindbares Gebiet zur Isolationen von Gebieten. Die Ausbreitungsvarianten D,E und F beschreiben eine durchlässige, gut vernetzte Landschaft.

Die Interpretation kann nun dahingehend ausgelegt werden, dass die Landschaft in den Varianten A-C für wenig mobile Arten dargestellt ist, oder Arten die sehr empfindlich auf Veränderungen und / oder auf lebensraumfremden Raum reagieren. Die Varianten D-F hingegen stellen eine Landschaft für sehr mobile Arten dar. Die mobi-

len Arten vermögen fremde Lebensräume überqueren oder überfliegen, wo hingegen weniger Mobile Arten sich nur sehr schlecht fortbewegen können. Daher gilt es bei der Interpretation der Karten (s. Abb. 51 - Abb. 57) die Widerstandswerte (s. Anhang) der Varianten, sowie die Lebensraum- und Hinderniskataster vor Augen zu halten.

5.2.2 Vergleichbarkeit / Übertragbarkeit

Mit der Adaption der Methode des VNG Kt. ZH auf den Kanton Bern blieb im Wesentlichen die Informationstiefe auf der Strecke. Die Informationstiefe des Lebensraumkatasters im Kanton Zürich lässt kaum zu wünschen übrig. In einem 5m-Raster sind sämtliche Flächen nach Delarze et al. (1998) eingeteilt, unbekannte Flächen sind kaum vorhanden. Eine wichtige Basis für die Datengrundlage im Kanton Zürich bildet hierbei die Bodenkarte im Masstab 1:5'000, eine Informationsquelle die im Kanton Bern fehlt und für die Einteilung der Landschaft in Lebensräume eine grosse Hilfe gewesen wäre. Trotz der geringen Datendichte und der Tatsache, dass keine Expertengruppe mit lokalen Kenntnissen zu Rate gezogen werden konnte, besteht nun für den Kanton Bern ein funktionsfähiges Modell, welches die wichtigsten Parameter und deren Einflüsse detailliert darstellt. Zudem lässt sich das Modell beliebig erweitern, so können neue Informationen in die bestehenden Datenebenen integriert und die Vernetzungssituation neu gerechnet werden. Im Grossen und Ganzen kann das adaptierte Konzept der Berner Methode mit jener der Zürcher durchaus verglichen werden.

5.3 Landschaftsmasse

Für das Untersuchungsgebiet wurden sechs Varianten des Vernetzungsgrades gerechnet. Diese Varianten erlauben, die Einflüsse der Modellparameter (s. 5.5) zu diskutieren. Die Landschaftsmasse (DHF_i , VNG_i , DHF_{eff} und VNG_{eff}) als Methode zur Berechnung der Vernetzungssituation sind auf deren Funktionstüchtigkeit und Plausibilität geprüft. Um die Eignung des Vernetzungsgrades zu diskutieren, dienen die neun Eignungskriterien nach Jaeger. (Jaeger, 2002) ;144, 166 ff.)

Anschaulichkeit

Die Vernetzungsgrad VNG_i resp. DHF_i , können sehr gut für die Visualisierung der Vernetzungssituation eingesetzt werden (s. z.B. Abb. 57). Weist man den Kernflächen die Vernetzungsgrade zu und stellt die Flächen nach Werten klassiert dar, so werden

die Lebensraumpatches und deren Funktion als Teil des Gesamtlebensraums ersichtlich.

Die Masse DHF_{eff} resp. VNG_{eff} erlauben die Visualisierung der Lebensräume, welche das Mass erreichen oder nicht. Durch die sehr ungleiche Verteilung der Lebensräume und der unterschiedlichen Dimension, erreichen im Kanton Bern nur in einer Region Lebensräume die Masse DHF_{eff} resp. VNG_{eff} (s. Abb. 51).

Mathematische Einfachheit

Um den DHF_i , sowie den VNG_i zu berechnen werden die Habitatflächen, die über eine bestimmte Distanz erreicht werden dem Lebensraum aufsummiert. Die dadurch resultierenden Flächenzunahme über die Distanz wird als quantitatives Mass verwendet. Diese Funktion ist einfach und Logisch zu erläutern. Vor allem sind Veränderungen und deren Einfluss auf die Vernetzungssituation im Raum sofort ersichtlich und interpretierbar.

Die Gleichung des DHF_{eff} resp. VNG_{eff} zeigt auf, wie gross die zu erwartende, erreichbare, distanzgewichtete Habitatfläche sein soll, wenn man eine Art zufällig im Lebensraum absetzt. Dieses Mass gilt für den gesamten Perimeter und erlaubt alle Lebensräume die einen DHF_i oder VNG_i haben, diesen Massen gegenüber zu stellen und zu vergleichen.

Geringer Datenbedarf

Der Datenbedarf ist nicht gering. Um die Lebensraumkarten zu erstellen werden Informationen über den Raum benötigt, diese erlauben den Lebensraum so präzise wie Möglich nach Delarze et al. (1998) zu beschreiben. Es gilt je mehr Daten, desto weniger datenleere Räume und desto flächendeckender die Analyse.

Monotonie der Reaktion auf unterschiedliche Fragmentierungsphasen

Wie verändert sich das Mass, wenn eine landschaftsveränderte Massnahme ergriffen wird? Wie verhält sich das Mass bei einer weiteren Zerschneidung der Landschaft?

Die Zerschneidung der Landschaft wird in den Massen DHF_i und VNG_i dahingehend dargestellt, dass jede Zerschneidung, auch bei gleichbleibender Fläche, die Wertigkeit

abnimmt (s. Kap. 3.6 ff.). Für die Monotonie ist es eminent Wichtig, dass das Mass A_{total} (s. Kap 3.6.7) an welchem die Veränderung gemessen wird. Eine feste Grösse behält. Verändert sich das Mass A_{total} , zum Beispiel durch Extinktion einer Habitatfläche, dann wird die Vernetzungssituation besser, weil das Verhältnis zwischen Gesamtfläche und erreichbare Habitatfläche grösser wird. Um diesem Kriterium gerecht zu werden, muss A_{total} eine fest definierte Grösse haben.

Sensitivität für Strukturunterschiede

Da die Ausbreitungsdistanz die Struktur / räumliche Verteilung der Habitate bewertet, wird dieses Kriterium erfüllt. Das Kriterium reagiert auf die kleinste räumliche Veränderung, und bildet dieses auch mathematisch ab. Dies gilt vor allem für die Masse DHF_i und VNG_i . Die Masse DHF_{eff} und VNG_{eff} reagieren ebenfalls auf die Strukturveränderung, da aber diese aber den Gesamtzustand beurteilen, kann auf ein Einzelnes Gebiet kein Rückschluss gezogen werden.

Interpretationsfähigkeit als Vernetzungsgrad

Die Masse DHF_{eff} resp. VNG_{eff} beschreiben einen Gesamtzustand der Vernetzungssituation. Es macht daher mehr Sinn, die Masse DHF_i und VNG_i für die Interpretation der Vernetzung zu konsultieren, da jedes einzelne Gebiet auf dessen Anbindung an den Gesamtlebensraum untersucht wird. Von jedem der 3400 untersuchten Feuchtgebiete hat jede Fläche ein Mass das aussagt wie viel Lebensraum, vom jeweiligen Habitat aus erreicht wird. Dieses Mass gibt dem Betrachter eine gut vorstellbare Dimension, wie das betrachtete Habitat in der Landschaft liegt.

5.3.1 Effektiver Vernetzungsgrad“ VNG_{eff} und „Effektive distanzgewichtete Habitatfläche“ DHF_{eff}

Diese beiden Masse entstanden aus der Idee, ein Mass zu entwickeln, welches über den gesamten Kanton eine Aussage über den Zustand des Lebensraumvernetzung aussagt. Somit können die Masse DHF_i und VNG_i mit der Gesamtsituation verglichen werden. Der Vergleich erlaubt jene Gebiete darzustellen, von welchen aus man mindestens so viel Habitatfläche erreicht, wie wenn man eine Art zufällig im Lebensraum verteilt, und diese dann theoretisch erreichen kann. Wie in den Berechnungsbeispielen

hergeleitet und bewiesen ist dieses Mass konsistent und erlaubt eine überaus interessante Betrachtungsweise auf die Anbindung der Feuchtgebiete von kantonaler Bedeutung an den Gesamtlebensraum.

In der Region der Bergkette der Sieben Hengste sind auf „kleinstem“ Raum über ein Drittel aller Feuchtgebiete von kantonalem Interesse (s. Tab. 24, Abb. 59, Abb. 60).

Tab. 24. Gegenüberstellung Feuchtgebiete der Region „Sieben Hengste“ und dem gesamten Kanton

Feuchtgebiete in der Region „sieben Hengste“	ca. 19'789'790m ²
Gesamtfläche der Feuchtgebiete auf kantonalem Gebiet	ca. 58'366'252m ²

Diese Gebiete sind sehr gut miteinander vernetzt. Dies hat zu Folge, dass diese überaus wertvollen Gebiete den DHF_{eff} resp. den VNG_{eff} massiv in die Höhe schnellen lassen. In der Konsequenz erreichen keine weiteren Gebiete im Kanton diese Werte.

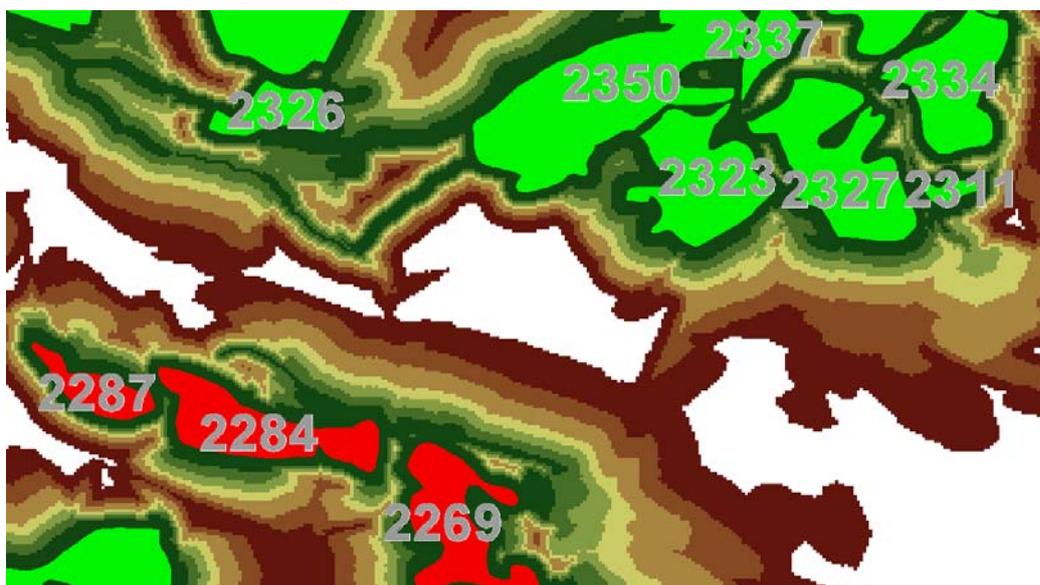


Abb. 59. Randgebiete in der Region sieben Hengste. Obschon die Gebiete an die grossen Feuchtgebiete von kantonalem Interesse angebunden sind, erreichen diese den DHF_{eff} nicht.

Wie in Abb. 59 gezeigt, reagiert der DHF_{eff} sehr empfindlich auf grosse Lebensraumkomplexe. Wie in Abb. 60 dargestellt, muss man sich Bewusst sein, dass die Distanzgewichtung der einen grossen Einfluss auf die Qualität der Anbindung der Lebensräume an die Lebensraumkomplexe hat.

Im Diagramm untenan ist die Habitatflächenzunahme der Flächen 2269 und 2350 aus der Abb. 59 dargestellt. Das Gebiet mit der Nummer 2269 ist zwar an das überaus wertvolle Gebiet der sieben Hengste angeschlossen. Weil aber diese Region erst bei der maximalen Ausbreitungsdistanz von 3000m den Anschluss findet, ist das Gebiet zwar überaus gut positioniert, erreicht aber dennoch nicht den DHF_{eff} .

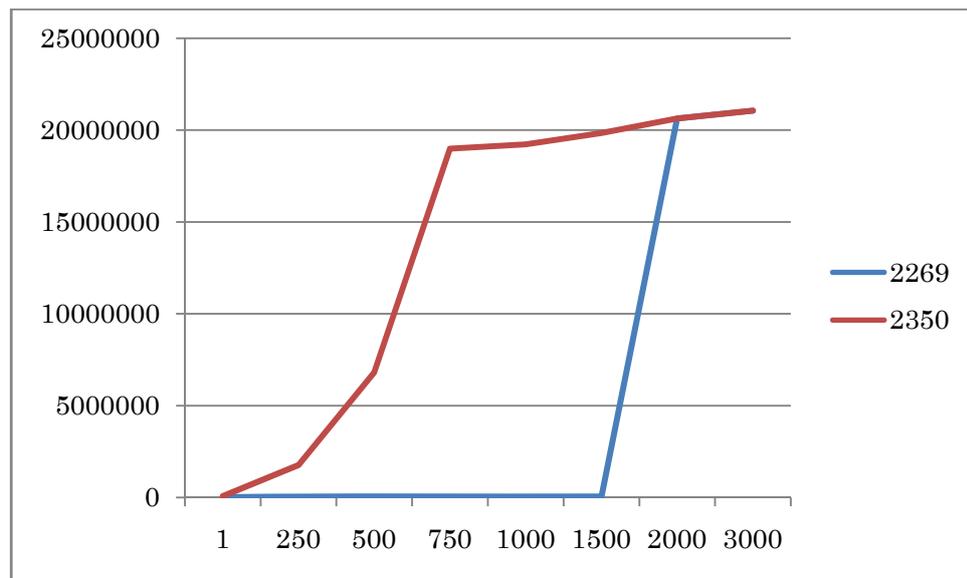


Abb. 60. Distanzgewichtete Habitatflächenzunahme in m² für die Flächen 2269 und 2350

5.4 Karten

Die erstellten Karten liegen der Arbeit bei (s. Anhang). Die grossmasstäblichen Karten stellen primär die Vernetzungssituation mittels der Ausbreitungsoberfläche dar. In der 20'000er Ausgabe sind einzelne Strukturen zu sehen, die auf die Ausbreitung einen Einfluss haben und entsprechend die berechneten Werte beeinflussen.

Die sechs Karten zeigen zwei Varianten in drei verschiedenen Massstäben. Die Landschaftsmasse DHF_i und VNG_i wurden den einzelnen Kerngebieten zugewiesen und in fünf Klassen (Quantile Klassifizierung) dargestellt. Die einzelnen Werte sind ebenfalls als „Label“ den Gebieten zugeordnet.

Zudem wird in der Gegenüberstellung der einzelnen Varianten sichtbar, wie sich die Widerstandswerte auf die Ausbreitungsmodellierung auswirken. Mit den zwei vorgestellten Varianten werden zwei Extreme gegenüber gestellt. Die Variante 1A beinhaltet zwei massgebende Parameter, welche die Ausbreitung massiv hindern. So ist einerseits die Isolation vieler Kerngebiete in den „Übrigen Flächen“, sowie auch die schlechte

Ausbreitungsmöglichkeit entlang von Fließgewässern, die dazu führen, dass die Kerngebiete nur schlecht untereinander vernetzt sind. Die Variante 2D erlaubt eine sehr „durchlässige“ Landschaft, in erster Linie sind die „Übrigen Gebiete“ mit einem Widerstandswert versehen, welcher die Gebiete aus ihrer Isolation befreit. Zudem wirken sich die Fließgewässer auf die Ausbreitung positiv aus.

In beiden Situationen ist die Distanzgewichtung gleich gehalten, somit ist vor allem das Ausbreitungsverhalten abgebildet.

Für die kartografische Darstellung des DHF_{eff} liegt eine Karte im Maßstab 1:50'000 bei. Diese stellt die Gebiete, die den DHF_{eff} erreichen, in grüner Farbe dar, die übrigen Flächen sind als rote Flächen dargestellt. Die Region um die sieben Hengste wurde aus dem Grund gewählt, weil die Vernetzungssituation in dieser Region überdurchschnittlich gut ist. Sie ist so gut, dass sämtliche Gebiete außerhalb dieser Region einer sehr schlechten Vernetzungsqualität entsprechen.

5.5 Parameter

Wie in den Resultaten dargelegt, wirkt sich die Parametrisierung der Modelle massiv auf die Ergebnisse aus. Die nachfolgende Auflistung fasst Modellparameter zusammen und kommentiert diese nach ihrem Einfluss auf die Vernetzungssituation.

Die Einschätzungen der Auswirkungen basieren auf den Erkenntnissen der Modellierung und der Varianten, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit immer wieder analysiert wurden. Die Parameter sind jene, die auf jeden Fall mit einer lokalen Experten-Gruppe besprochen werden müssten, sollte das Projekt in eine Umsetzungsphase kommen.

0	Keinen Einfluss
+	Geringe Signifikanz
++	Mittlere Signifikanz
+++	Massive Auswirkung

Tab. 25. Wirkungen der Modell- und Methodenparameter.

Parameter	Auswirkung	Einfluss
Datengrundlage	Starker Einfluss. Die Datengrundlage welche flächendeckend für die Schweiz zur Verfügung steht ist der sogenannte Vektor25. Auch wenn in diesem Landschaftsmodell sehr viele Informationen verpackt sind, so sind diese im Detail zu wenig Aussagekräftig um die Lebensraumtypen exakt zu interpretieren. Jedoch ist dieser Datensatz für die flächendeckende Analyse unabdingbar.	++
Lebensraumkataster Lebensraumtypen	Im Prinzip ist dieser Parameter der Schlüssel für die Definition der Präzision in der Aussage und Zuweisung der Widerstandskosten. Je detaillierter der Grad der Lebensräume, desto präziser kann man in der Definition der Ziel und Leitarten bestreiten. Zudem kann die Ausbreitung noch realitätsnaher gestaltet werden.	+
Lebensraumkataster Undefinierte Gebiete	Sehr empfindlich reagiert der Vernetzungsgrad auf unbekannte Gebiete. Die „Übrigen Flächen“ gelten als unbekanntes Gebiet, da diese als irgendwelche, undefinierten Gebiete gelten. Das Gros hierbei entspricht Landwirtschaftsland, welches in seiner Vielfalt schlecht einzuschätzen ist	+++
Lebensraumkataster Hierarchie	In den sechs berechneten Varianten wurden drei Lebensraumkataster verwendet, bei welchen die Wirkungshierarchie der Landschaftsstrukturen jeweils angepasst. Ob Strassen über den Gewässer oder umgekehrt wirkten, aufgrund der sehr weit auseinanderliegenden Kerngebiete und der geringen Lebensraumdichte.	++
Rasterzellengrösse	Die Dimension der Rasterzellen haben nur dann einen Einfluss, wenn kleine Strukturen berücksichtigt werden sollen. Wählt man eine zu grosse Rasterzellenweite, so können räumlich fein strukturierte Gebiete „verloren“ gehen.	+
Hinderniskataster Widerstandswerte	Die Widerstandswerte sind die am schwierigsten abzuschätzenden Faktoren. Diese Dimension hat einen sehr grossen Einfluss auf das „Ausbreitungsverhalten“. Wie im Lebensraumkataster erwähnt sind unklassierte Gebiete insofern ein Problem, weil viele Flächen von Beginn an isoliert sind. Da es	++

	höchst unwahrscheinlich ist, dass Gebiete von kantonalem Interesse ein isoliertes Dasein fröhen, muss ein Widerstandswert gefunden werden, welcher den Gebieten einen Anschluss an die vernetzenden Strukturen erlaubt.	
Ausbreitungsdistanz Distanzgewichtung	Die Ausbreitungsdistanz hat einen geringen Einfluss auf die Bewertungsmethode. Ganz klar kann eine Art die von einem Kerngebiet aus unendlich weit Wandern kann die theoretische Möglichkeit sämtliche Lebensräume zu erreichen. Die Distanzgewichtung übernimmt in diesem Fall die Aufgabe der Wertabnahme solcher sehr weit entfernten Gebiete. Diese zählen faktisch noch als erreichbarer Lebensraum, haben aber auf die Bewertung keinen signifikanten Einfluss.	+
Gesamtlebensraum (Atotal)	Der Gesamtlebensraum resp. A(total) wirkt sich nur bedingt auf die Bewertung aus. Diese Grösse hängt von den gegebenen (Lebensraum-) Dimensionen resp. Zieldimensionen ab. Für die Ausbreitung hat diese Grösse keinen Einfluss.	0

6 Schluss und Ausblick

6.1 Schlusswort und Ausblick

Mit dem Vernetzungsgrad Kanton Bern liegt ein Projekt vor, welches die Facetten der komplexen Landschaftsanalyse benennt und deren Wirkung beschreibt. Die Resultate dienen der Diskussion der Methode, sind Gesprächsstoff für Experten und sollen vor allem für die definitive Umsetzung des Vernetzungsgrades im Kanton Bern inspirieren.

Das Landschaftsmass, das im Rahmen des Projektes des Kantons Zürich entwickelt wurde, wurde erweitert und besser fundiert definiert. Die Einflüsse der Parameter wurden sichtbar gemacht und diskutiert. Landschaftsmasse sind häufig recht abstrakt und erfordern daher fundiertes Fachwissen, um die Resultate zu interpretieren. Ein Ziel der Landschaftsmasse ist zu argumentieren und zu politisieren. Gerade weil der Vernetzungsgrad sehr gut auf Veränderungen der räumlichen Konstellation reagiert, ist dieses Mass für die Bildung von Szenarien sehr effizient einsetzbar und erlaubt eine schnelle Interpretation der Resultate.

Die zunehmende Informationsdichte im Bereich des Natur- und Umweltschutzes, der Landschafts- und Raumplanung erlaubt in Zukunft Lebensräume präziser zu definieren und die naturräumliche Konstellation messbar zu machen. Die Einflüsse des Menschen auf die Landschaft sind messbar. Die Netzwerke der Lebensräume lassen sich räumlich darstellen und dadurch auch neuralgische Punkte lokalisieren, Empfindlichkeiten werden sichtbar gemacht.

Ausblick

Mit dem Vernetzungsgrad Kanton Bern sind mögliche Zustände der Vernetzungssituation definiert worden. Eine Momentaufnahme welche erlaubt den aktuellen Zustand darzustellen, zu bewerten und zu Diskutieren.

Mit dem Vernetzungsgrad soll in Zukunft geplant werden können. Die Auswüchse der Siedlung in der Landschaft (Zersiedelung), die Linienführung neuer Verkehrsachsen (Landschaftszerschneidung), sowie die zielgerichtete Renaturierung von Gebieten (wirksamer Naturschutz) kann mittels einer gut beurteilten Lebensraumverbundsituation viel effizienter, effektiver und ökologischer angegangen werden.

Mittels geografischer Informationssysteme können Planer komplexer planen. Versionen und Varianten objektiv berechnen und die Wirkungen einer Idee nicht nur ideologisch, sondern fachlich abgestützt ausarbeiten.

6.2 Persönliches Schlusswort

GIS ist ein Werkzeug welches mir als Planer erlaubt für räumliche Fragestellungen Entscheidungsgrundlagen zu erstellen um diese zu beantworten. Mit dem Vernetzungsgrad des Kantons Zürich wurde ich das erste Mal als Planer an das Thema der Landschaftsanalyse mit GIS „herangeführt“. Mit der Wiederaufnahme des Themas will ich das Getane erneut hinterfragen und vor allem auf die methodische Konsistenz überprüfen. Das ursprüngliche Projekt war ein methodischer Alleingang. Auf fachspezifisches Wissen durfte ich wohl zurückgreifen, das organisatorische Umfeld führte aber dazu, dass viel Zeit in die Entwicklung der Methode gesteckt wurde und in der Konsequenz keine Zeit blieb diese wie in der vorliegenden Arbeit zu hinterfragen.

Heute schaue ich auf einen weiteren Alleingang zurück. Methodisch bin ich an meinen Fähigkeiten gewachsen. Die fachliche Abgrenzung erlaubte mir die notwendige „Gelassenheit“ um mich auf die Facetten der Methode zu konzentrieren und zu hinterfragen.

Vor allem profitierte ich von meinem Aufenthalt an der Concordia University in Montreal. Da erfuhr ich über die wissenschaftliche Arbeit, einem Gebiet das mir bislang verwehrt blieb. Auch wenn als Gast zu Lande, im universitären Umfeld zu wirken, den Puls der Forschung zu spüren war ein Novum. Ein Spannendes.

7 Literaturverzeichnis

- Aktionskomitee Galmiz. 2006.** <http://www.galmizgm.ch/>.
http://www.galmizgm.ch/. [Online] 2006. [Zitat vom: 01. 09 2009.]
- Amt für Geoinformation Kanton Bern. 2009.** <http://www.bve.be.ch/>. [Online] 2009. [Zitat vom: 09. 09 2009.]
http://www.bve.be.ch/site/index/agi/bve_agi_pro_geo_produkte.htm .
- Amt für Raumplanung. 2009.** <http://www.are.admin.ch>. *http://www.are.admin.ch*. [Online] 2009. [Zitat vom: 01. 09 2009.]
<http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00244/02186/index.html?lang=de>.
- Amt für Wald. 2008.** <http://www.vol.be.ch>. [Online] Mai 2008. [Zitat vom: 11. 04 2009.] http://www.vol.be.ch/site/wald-nachhaltigkeitsbericht_d.pdf.
- Beier, Paul und Noss, Reed F. 1998.** Do Habitat Corridors Provide Connectivity. *Conservation Biology*. 6. 12 1998, S. 1241-1252.
- Bern, Volkswirtschaftsdirektion Kanton. 2009.** <http://www.vol.be.ch/site/wkb-landschaft>. [Online] 18. März 2009.
- Berthoud, G., Lebeau, R.P. und Righetti, A. 2004.** *Nationales ökologisches Netzwerk REN*. Bern : BUWAL, 2004.
- Spichiger, Jürg. 2008.** *Bis das Land zur Stadt wird*. 22. Juli 2008, Der Bund, S. 2.
- Bolliger, Peter, et al. 2002.** *Werkzeugkasten LEK*. Rapperswil : Ruckstuhl SA, Renens, 2002.

Bundesamt für Raumentwicklung. 2009. *Forum Raumentwicklung*. Bern : Bundesamt für Raumentwicklung, 2009.

Bundesamt für Statistik. 2007. <http://www.bfs.admin.ch/>. [Online] 2007. [Zitat vom: 08. 09 2009.]
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/dienstleistungen/geostat/datenbeschreibung/arealstatistik_1979.Document.97374.pdf.

BFS. 2009. Statistik der Schweiz - Die Regionen. [Online] 2009. [Zitat vom: 09. 09 2009.] <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/regionalportraits.html>.

Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft. 1966.
Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG). *Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG)*. Bern, Berm, Schweiz : s.n., 1. Juli 1966.

RPG. 1979. Raumplanungsgesetz, RPG. *Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG)*. Bern, Bern, Scheweiz : Die Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 22. Juni 1979.

Compton, Bradley W., et al. 2007. A Resistant-Kernel Model of Connectivity for Amphibians that Breed in Vernal Pools. *Conservation Biology Volume 21*. s.l. : Society for Conservation Biology, 2007, S. 788-799.

Cox, James, et al. 1992. Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments. *Conservation Biology*. December 1992, S. 493 ff.

Delarze, Raymond, Gonseth, Yves und Galland, Pierre. 1998. *Lebensräume der Schweiz*. Thun : Ott Verlag Thun, 1998.

Brand, Christine. 2009. *Der Platz wird knapp*. Zürich : Neue Zürcher Zeitung, 06. 09 2009, NZZ am Sonntag.

kfr. 2007. *Fast ein zweites Berner Wappentier*. 17./18.. November 2007, NZZ, S. 20.

Fuchs, Daniel, et al. 2007. National bedeutsame Flächen für den Biotopverbund. *Natur und Landschaft*. 2007, S. 345-350.

Grillmayer, Roland, et al. 2002. Fuzzy Logic basiertes Durchlässigkeitsmodell zur Analyse der Habitatsvernetzung von Rotwild. [Online] 2002. [Zitat vom: 17. 02 2009.] http://ivfl.boku.ac.at/Projekte/Baerenhabitat/pdf/Grillmayer_Agit2002_finished.pdf.

Hänel, Kersten. 2006. Habitatverbundsysteme auf überörtlicher Ebene. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38. 8 2006, S. 237-244.

Herzog, Brigit, et al. 2007. GIS-gestützte Biotopverbundmodellierung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. 6 2007, S. 171 - 178.

Holzgang, O., et al. 2001. *Korridore für Wildtiere in der Schweiz*. Bern : Schriftenreihe Umwelt Nr. 326, Bundesamt für Umwelt (BUWAL), Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW) & Schweizerische Vogelwarte Sempach, 2001. S. 118.

Jaeger, Jochen A.G. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*. 15, 2000, S. 115-130.

Jaeger, Jochen. 2002. *Landschaftszerschneidung*. Stuttgart : Ulmer, 2002.

Jaeger, Jochen. 2007. Effects of the configuration of road networks on landscape connectivity. [Hrsg.] North Carolina State University Center for Transportation and the Environment. *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET)*. 2007.

Jaeger, Jochen, Bertillier, R. und Schwick, C. 2006. Grösse, Isolation und Vernetzung von Lebensräumen. *10 Jahre Naturschutz-Gesamtkonzept (Kanton Zürich)*. 07 2006, S. 26-31.

Jaeger, Jochen, Bertillier, René und Schwick, Christian. 2007. *Landschaftszerschneidung Schweiz*. Raum und Umwelt. Neuchâtel : Bundesamt für Statistik, BFS, 2007.

Jaeger, Jochen, et al. 2001. Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. *Naturschutz und Landschaftsplanung* . 10 2001, S. 305 - 317.

Jaeger, Jochen, et al. 2007. Weiterhin steigende Zersiedelung der Schweiz: Wie lässt sich eine Trendwende erreichen. *Geomatik Schweiz*. 03 2007, S. 114-117.

Jaeger, Jochen, Grau, Stephanie und Haber, Wolfgang. 2005. Landschaftszerschneidung und die Folgen. *GAIa*. 14, 2005, Bd. 2.

Joos, Rüdiger. 2005. Kommunale Schutzverantwortung für Zielarten der Fauna in Baden-Württemberg: ein planungsorientierter Einsatz von Habitatmodellen. [Buchverf.] Manfred Schrenk. *CORP 2005 & Geomultimedia (Tagungsband)*. Wien : s.n., 2005, S. 683 -688.

Joss, Rüdiger. Schutzverantwortung von Gemeinden für Zielarten - Planungsorientierte Habitatmodelle für Tierartenkollektive im Landschaftsmassstab. *vrmthl. AGIT Band*. s.l. : vrmthl. Wichmann.

- Strobl, Josef, Blaschke, Thomas 2006.** Suchräume für den Biotopverbund - ein planungsbezogenes Verfahren zur Verbundanalyse von Flächenkonfigurationen aus Tierökologischer Sicht. [Buchverf.] J. Strobl, T. Blaschke und Griesebner. *Angewandte Geoinformatik 2006*. Salzburg : Wichmann, 2006, S. 257-263.
- Kanton Bern. 2009.** <http://www.be.ch/>. [Online] 2009. [Zitat vom: 09. 09 2009.] <http://www.be.ch/web/index/kanton/kanton-portraet.htm>.
- Köhler, Clemens. 2005.** *Habitatsvernetzung in Österreich*. Wien : BOKU Wien, 2005.
- KWO. 2003.** www.jungfrauzeitung.ch. [Online] Oktober 2003. http://www.jungfrauzeitung.ch/artikel/?cq_*ff85fa2a=ivxPU=87988ggx&wizdviPU=879899v2.
- LANAT. 2003.** *Die Berner Landwirtschaft in Zahlen*. Bern : s.n., 2003.
- Lang, Stefan. ubk.** Organismusspezifische Habitatvernetzung - Quantifizierung und Visualisierung über nicht-euklidische Distanzen. Kopie.
- Lang, Stefan und Blaschke, Thomas. 2007.** *Landschaftsanalyse mit GIS*. Stuttgart : Ulmer, 2007.
- Lienhard, Andreas. 1996.** Bewertungsmodell zur Beurteilung des Vernetzungsgrades ausgewählter Biotoptypen in einem Landschaftsraum. [Buchverf.] Thomas Blaschke. *Umweltmonitoring und Umweltmodellierung*. s.l. : Wichmann, 1996.
- Lienhard, Andreas. 2005.** Landplaninfo. [Online] 2005. [Zitat vom: 17. 02 2009.] http://www.lpi.landplaninfo.ch/index.php?option=com_zoom&Itemid=32&page=view&catid=2&key=36&hit=1.
- Lienhard, Andreas und Maurer, Yves. 2007.** *Vernetzungsgrad von Naturschutzgebieten im Kanton Zürich, Abschlussbericht*. Rapperswil : s.n., 2007.
- McCoy, Jill, et al. 2001 - 2002.** ArcGIS 9. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. USA : ESRI, 2001 - 2002, S. 82 ff.
- McRae, Brad H. und Beier, Paul. 2007.** Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *PNAS*. 12 2007, S. 19885-19890.
- Moser, Brigitte, et al. 2007.** Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundry problem. *Landscape Ecology*. 2007, Bd. 22, S. 447-459.
- Müller, Ulrich, Strein, Martin und Suchant, Rudi. 2007.** *Wildtierkorridore in Baden-Württemberg*. Baden-Württemberg : s.n., 2007.

Newmark, W.D. 1993. The Role and Design of Wildlife Corridors with examples from Tanzania. *Ambio*. 1993, S. 500-504.

NHG. 1966. Bundesgesetz über Natur- und Heimatschutz (NHG). Bern, Bern, Schweiz : s.n., 1. Juli 1966.

Oggier, P., Righetti, A. und Bonnard, L. 2001. *Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen COST341*. Bern : Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Bundesamt für Raumentwicklung; Bundesamt für Verkehr; Bundesamt für Strassen, 2001. S. 102 S.

Burg, Christian von. 2008. *Plan gegen Zersiedelung*. 20.. Dezember 2008, Der Bund, S. 1 & 3.

Reck, H., et al. 1996. *Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept)*. Universität Stuttgart : Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, 1996.

vos. 2007. *Regional unterschiedliche Landschaftspflege*. 2007, NZZ.

Schwarz-v. Raumer, Hans-Georg, Esswein, Heide und Jaeger, Jochen. 2006. Die effektive Masschenweite als Grundlage zur Abgrenzung von Korridoren. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. 10-11 2006, S. 351-353.

Schweizerische Bundeskanzlei. 1988.

<http://www.admin.ch/ch/d/pore/va/19871206/det349.html>. *www.admin.ch*. [Online] 1988. [Zitat vom: 01. 09 2009.]

<http://www.admin.ch/ch/d/pore/va/19871206/det349.html>.

Statistisches Amt des Kanton Zürich . 2009. <http://www.statistik.zh.ch/>. [Online] 2009. [Zitat vom: 09. 09 2009.] <http://www.statistik.zh.ch/>.

Stiftung Landschaftsschutz Schweiz. 2009. Jahresbericht SL 2008. *www.sl-fp.ch*. [Online] 2009. [Zitat vom: 30. 09 2009.] http://www.sl-fp.ch/getdatei.php?datei_id=550.

Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern. 2008. *Nachhaltigkeitsbericht 2008 - Zahlen und Fakten*. Bern : Volkswirtschaftsdirektion Kanton Bern, 2008.

Anhang

Zeigerarten-Gilden des REN

Auszug aus dem Anhang der Abschlussberichtes REN (Berthoud, et al., 2004)

ZEIGERARTEN-GILDEN ALLER KONTINUEN		
KONTINUUM WALDGEBIET (F)		
Gilde F1: Bruch- und Auenwälder		
<i>Apatura ilia</i> <i>Arion intermedius</i> <i>Aromia moschata</i> <i>Bembidion decoratum</i> <i>Cerura erminea</i> <i>Cerura vinula</i> <i>Clostera anachoreta</i> <i>Clostera anastomosis</i> <i>Daudebardia brevipes</i> <i>Daudebardia rufa</i> <i>Dicerca aenea</i> <i>Dicerca alni</i>	<i>Drepana curvatula</i> <i>Euproctis similis</i> <i>Everes argiades</i> <i>Gastropacha quercifolia</i> <i>Gluphisia crenata</i> <i>Harpalus progrediens</i> <i>Lamia textor</i> <i>Leptura quadrifasciata</i> <i>Leucoma salicis</i> <i>Nymphalis antiopa</i> <i>Oberea oculata</i>	<i>Pelosia muscerda</i> <i>Philorhizus sigma</i> <i>Poecilonota variolosa</i> <i>Saperda carcharias</i> <i>Saperda populnea</i> <i>Saperda similis</i> <i>Sesia bembeciformis</i> <i>Smerinthus ocellata</i> <i>Tethea ocularis</i> <i>Tetheella fluctuosa</i> <i>Vitrinobrachium breve</i> <i>Xylotrechus rusticus</i>
Gilde F2: Xerothermophile Wälder der Tieflagen		
<i>Acmaeodera flavofasciata</i> <i>Agrilus biguttatus</i> <i>Agrilus laticornis</i> <i>Agrilus sulcicollis</i> <i>Anoplodera sexguttata</i> <i>Apoda limacodes</i> <i>Carabus intricatus</i> <i>Carabus irregularis</i> <i>Cerambyx cerdo</i> <i>Cerambyx scopoli</i> <i>Chalcophora mariana</i> <i>Cymatophorima diluta</i> <i>Cymindis cingulata</i> <i>Dendrocopos medius</i> <i>Drymonia querna</i> <i>Drymonia ruficornis</i> <i>Drymonia velitaris</i>	<i>Ergates faber</i> <i>Harpypia milhauseri</i> <i>Heterogenea asella</i> <i>Heterogenea asella</i> <i>Hipparchia fagi</i> <i>Jaminia quadridens</i> <i>Leucodonta bicoloria</i> <i>Libythea celtis</i> <i>Limenitis camilla</i> <i>Lopinga achine</i> <i>Meconema thalassinum</i> <i>Paranthrene insolita</i> <i>Peridea anceps</i> <i>Phaenops cyanea</i> <i>Phyllodesma tremulifolia</i> <i>Plagionotus arcuatus</i> <i>Plagionotus detritus</i>	<i>Platyderus ruficollis</i> <i>Plebicula escheri</i> <i>Polyphylla fullo</i> <i>Polyphoca ridens</i> <i>Pyrrhidium sanguineum</i> <i>Quercusia quercus</i> <i>Raphidia ophiopsis</i> <i>Rhagium sycophanta</i> <i>Sabra harpagula</i> <i>Satyrrium ilicis</i> <i>Spatalia argentina</i> <i>Synanthedon conopiformis</i> <i>Synanthedon loranthi</i> <i>Synanthedon vespiformis</i> <i>Thaumetopoea pityoc.</i> <i>Thaumetopoea proces.</i> <i>Watsonalla binaria</i>
Gilde F3: Mesophile Wälder		
<i>Agliia tau</i> <i>Arctornis l-nigrum</i> <i>Drymonia dodonae</i> <i>Drymonia obliterata</i> <i>Lehmannia marginata</i>	<i>Leistus rufomarginatus</i> <i>Malacolimax tenellus</i> <i>Medon brunneus</i> <i>Neptis rivularis</i> <i>Oxychilus helveticus</i>	<i>Platyla polita</i> <i>Rosalia alpina</i> <i>Trechus fairmairei</i> <i>Trichia montana</i> <i>Watsonalla culttraria</i>
Gilde F4: Tannen-Buchenwälder, Heidelbeer-Fichtenwälder und montane Tannenwälder		
<i>Cosmotriche lunigera</i> <i>Metoponcus brevicornis</i>	<i>Pterostichus burmeisteri</i>	<i>Synanthedon cepiformis</i>
Gilde F5: Subalpine Wälder		
<i>Erebia alberganus</i>	<i>Poecilocampa alpina</i>	

KONTINUUM TROCKENWIESEN (S)		
Gilde S1: Pionnier-Lebensräume der Tieflagen und der Hochlagen		
Amara quenseli Amara schimperi Anthaxius difformis Anthaxius pedestris Arctia flavia Bembecia scopigera Calliptamus barbarus Calliptamus italicus Calliptamus siciliae Carcharodus lavatherae Chelis simplonica Chorthippus eisentrauti Chorthippus pullus Cychrus cordicollis Elaphrus cupreus	Erebia gorge Erebia meolans Erebia pluto Erebia S Euchloe simplonia Eucobresia nivalis Grammia quenselii Harpalus luteicornis Harpalus pumilus Harpalus solitarius Harpalus tenebrosus Holoarctia cervini Hyles vespertilio Laemostenus janthinus	Myrmeleotettix maculatus Nebria angusticollis Oedipoda caerulescens Oedipoda germanica Omophron limbatum Parnassius apollo Pyrgus onopordi Scolitantides orion Setina aurita Sphingonotus caeruleans Synansphecchia triannuliformis Tetrix bipunctata Tetrix tuerki Trechus tenuilimbatus
Gilde S2: Thermophile Rasen der Tieflagen und der mittleren Hochlagen		
Adscita manii Agrodiaetus damon Arctia villica Argynnis aglaja Argynnis niobe Aricia agestis Bembecia albanensis Brintesia circe Calathus ambiguus Callistus lunatus Callophrys rubi Chamaesphecchia dumonti Chazara briseis Chondrula tridens Chorthippus mollis Chorthippus vagans Clossiana dia Colias alfacariensis Cupido minimus Cupido osiris Cymindis axillaris Cymindis variolosa Eilema paliatella Erebia triaria Euchorthippus declivus Glaucopsyche alexis Granaria frumentorum Hipparchia semele Hipparchia statilinus Hyles euphorbiae	Hyponephele lycaon Jordanita globulariae Jordanita notata Lemonia dumii Lycaeides argyrognomon Lycaeides idas Lycaena alciphron Lysandra bellargus Lysandra coridon Maculinea arion Maculinea rebeli Mantis religiosa Meleageria daphnis Melitaea cinxia Melitaea didyma Melitaea phoebe Mellicta aurelia Mellicta parthenoides Metrioptera bicolor Oecanthus pellucens Omocestus haemorrhoid. Omocestus rufipes Ophonus sabulicola Phragmatobia luctifera Platycleis albopunctata Platycleis grisea Plebejides pylaon Plebejus argus Plebicula dorylas Plebicula thersites	Pseudophilotes baton Psophus stridulus Pupilla sterii Pyrgus accretus Pyrgus armoricanus Pyrgus carthami Pyrgus cirsii Pyrgus malvae Pyrgus malvoides Saga pedo Satyrus ferula Setema cereola Setina irrorella Spialia sertorius Stenobothrus nigromacul. Stenobothrus rubicundulus Tetrix depressa Truncatellina callicatris Truncatellina claustralis Truncatellina cylindrica Vitrea contracta Watsonarctia deserta Zebrina detrita Zygaena carniolica Zygaena lonicerae Zygaena loti Zygaena minos Zygaena purpuralis Zygaena transalpina

Lebensraumklassierung Primärflächen (Vec25)

OBJECTVAL	Beschreibung	lrm_ber	lrm_kat	lrm_typ	lrm_def	cst_code
Z_BaumS	Baumschule	8.0	8.1		8.1	81
Z_Fels	Fels	3.0	3.4		3.4	34
Z_Fluss	Fluss	1.0	1.2		1.2	12
Z_Gebue	Gebüsch	5.0	5.3		5.3	53
Z_GerGeb	Geröll mit Gebüsch	5.0	5.3		5.3	53
Z_GerGle	Geröll auf Gletscher	3.0	3.3		3.3	33
Z_GerWa	Geröll in Wald	6	6.0		6.0	60
Z_GerWaO	Geröll in offenem Wald	3.0	3.4		3.4	34
Z_Geroel	Geröll	3.0	3.4		3.4	34
Z_Glet	Gletscher	3.0	3.1		3.1	31
Z_GsPist	Graspiste	4.0	4.0		4.0	40
Z_HaPist	Piste mit Hartbelag	9.0	9.3		9.3	93
Z_KiGrub	Kiesgrube	3.0	3.3		3.3	33
Z_LeGrub	Lehmgrube	7	7		7	70
Z_ObstAn	Obstanlage	8.0	8.1	8.1.4	8.1	814
Z_Reben	Reben	8.0	8.1	8.1.6	8.1	816
Z_See	See	1.0	1.1		1.1	11
Z_Siedl	Siedlung	9.0	9.2		9.2	92
Z_StauDa	Staudamm*	9.0	9.2		9.2	92
Z_StauMa	Staumauer*	9.0	9.2		9.2	92
Z_SteBru	Steinbruch	3.0	3.3		3.3	33
Z_SumGeb	Sumpf mit Gebüsch	5.0	5.3	5.3.5	5.3	533
Z_SumWa	Sumpf in Wald	6.0	6.1		6.1	61
Z_SumWaO	Sumpf in offenem Wald	6.0	6.1		6.1	61
Z_Sumpf	Sumpf	2	2		2	20
Z_Uebrig	Übriges Gebiet	100	100	100	100	100
Z_Wald	Wald	6.0	6.0		6.0	60
Z_WaldOf	Wald offen	6.0	6.0		6.0	60

Lebensraumklassierung HEB (Vec25)

OBJECTVAL	Beschreibung	lrm_ber	cst_code
BauReihe	Baumreihe	6.0	60
Hecke	Hecke	6.0	60
OBReihe	Obstbaumreihe	8.0	80
EinBaum	Einzelbaum	6.0	60
ObstBaum	Obstbaum	8.0	80

Lebensraumklassierung Gewässernetz (Vec25)

OBJECTVAL	Beschreibung	lrm_ber
Bach	Bach	1.0
Bachachs	Bachachse	0
Bach_U	Bachverlauf unterirdisch	0
Bisse	Bisse	0
Druckl_1	Druckleitung einfach	0
Druckl_2	Druckleitung mehrfach	0
Drucksto	Druckstollen	0
Fluss	Flussachse	0
Fluss_U	Flussverlauf unterirdisch	0
Kanal	Bach ohne erkennbare / eindeutige Fließrichtung	0
Seeachse	Seeachse	0
Seeinsel	Seeinsel	0
See	Seeufer	2.0

Lebensraumklassierung Einzelobjekte (Vec25)

OBJECTVAL	Beschreibung	lrm_ber	lrm_kat	cst_code
Antenne	Antenne	9.0		90
ARA	Abwasserreinigungsanlage	9.0		90
AusTurm	Aussichtsturm	9.0		90
BiStock	Bildstock /Wegkreuz	9.0		90
Brunnen	Brunnen	9.0		90
Denkmal	Denkmal	9.0		90
Doline	Doline	9.0		90
Drehsch	Drehscheibe	9.0		90
ElWerk	Elektrizitätswerk	9.0		90
Hoehle	Höhle / Grotte	3.0	3.5	35
Kamin	Hochkamin	9.0		90
Kapelle	Kapelle	9.0		90
KiTurm	Kirchturm	9.0		90
Quelle	Quelle	9.0		90
Reserv	Reservoir	9.0		90
Schiffst	Schiffstation	9.0		90
SendeAnl	Sendeanlage	9.0		90
Turm	Turm	9.0		90
W_Turm	Wasserturm	9.0		90

WaFall	Wasserfall	1.0	1.2	12
ZistOff	Zisterne offen	9.0		90
HSP_Ltg	Hochspannungsleitung	9.0		90
Ruine	Ruine	9.0		90
Sender	Radiosender	9.0		90

OOAF – Reklassierungstabelle (Öko-Ausgleichsflächen)

Beschreibung	Kulturcode	LRMTyp	CST_CODE
Buntbrache; Code 556	556	4.6	46
Einheimische standortgerechte Einzelbäume und Alleen; Code 99600	99600	6	60
Ext. genutzte Weiden (ohne Gem.- & Sö.w.); Code 617	617	7.1.3	713
Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden); Code 611	611	8.2.1.2	8212
Extensives Wiesland auf Sömmerungsgebiet; Code 622	622	7.1.2	712
Hecken, Feld- und Ufergehölze (mit Krauts.); Code 852	852	5.3	53
Hochstammfeldobstbäume; Code 99500	99500	8.1.4	814
Rotationsbrache; Code 557	557	7.1.4	714
Ruderalflächen, Steinhaufen und -wälle; Code 905	905	7.1.2	712
Saum auf Ackerfläche; Code 559	559	8.2.1.2	8212
Streueflächen; Code 851	851	2.3	23
Trockenmauern; Code 906	906	7.2	72
Uebrig Flächen innerhalb LN; Code 895	895	10	100
Uebrig Grünflächen; Code 695	695	10	100
Unbefestigte, natürliche Wege; Code 907	907	9.3.3	933
Waldweiden (ohne bewald. Fl., ohne Gem.- & Sö.-w.); Code 618	618	6.99	699
Wassergräben, Tümpel, Teiche; Code 904	904	1.1.0.2	1102
Wenig intensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden); Code 612	612	7.1	71
Wenig int. genutzte Wiesen im Sömmerungsgebiet; Code 623	623	7.1	71
Weitere ökologische Ausgleichsflächen; Code 908	908	10	100

Lebensraum – Widerstandswertezuweisung FG1 und FG2

Code	CST_CODE	Lebensraeume	VarFG1	VarFG2
100	100	ÜbrigeFlächen	9'999'998.0	50.0
1	1	Gewässer	5.0	2.0
1.1	11	Stehende Gewässer	5.0	5.0
1.1.0	110	Stehendes Gewässer ohne Vegetation	5.0	2.0
1.1.0.1	1101	Tiefgründiges Gewässer (Freiwasserzone)	5.0	2.0
1.1.0.2	1102	Seichtes Gewässer (Litoral, inkl. Tümpel)	5.0	1.0
1.1.1	111	Armleuchteralgenrasen*	5.0	1.0
1.1.2	112	Laichkrautgesellschaften*	5.0	1.0

1.1.3	113	Wasserlinsengesellschaften*	5.0	1.0
1.1.4	114	Seerosengesellschaften*	5.0	1.0
1.2	12	Fliessgewässer	10.0	5.0
1.2.1	121	Brachmen-und Barbenregion*	1.0	0.2
1.2.1.1	1211	Breites Fliessgewässer des Flachlands	10.0	0.2
1.2.1.2	1212	Langsam fliessender Bach im Flachland	5.0	0.2
1.2.2	122	Äschenregion (Hyporhithron)	1.0	0.2
1.2.2.0	1220	Äschenregion ohne Vegetation	1.0	0.2
1.2.2.1	1221	Äschenregion mit Vegetation	1.0	0.2
1.2.3	123	Untere Forellenregion (Metarhithron)	1.0	0.2
1.2.4	124	Obere Forellenregion (Epirhithron)	1.0	0.2
1.2.5	125	Temporärer Wasserlauf	1.0	0.2
1.3	13	Quellen und Quellfluren	9'999'999.0	1.0
1.3.0	130	überrieselte Fläche, Quelle ohne Vegetation	9'999'999.0	1.0
1.3.1	131	Kalktuff-Felsspaltengesellschaften	9'999'999.0	1.0
1.3.2	132	Kalk-Quellflur*	9'999'999.0	1.0
1.3.3	133	Weichwasser-Quellflur*	9'999'999.0	1.0
1.4	14	Unterirdische Gewässer	9'999'999.0	9'999'999.0
1.4.1	141	Porengrundwasser	9'999'999.0	9'999'999.0
1.4.2	142	Kluftgrundwasser	9'999'999.0	9'999'999.0
1.4.3	143	Höhlenbach	9'999'999.0	9'999'999.0
1.4.4	144	Höhlensee	9'999'999.0	9'999'999.0
2	2	Vegetation der Ufer und der Feuchtgebiete	0.2	1.0
2.0	20	Ufer ohne Vegetation	0.2	1.0
2.1	21	Ufer mit Vegetation	0.1	0.1
2.1.1	211	Wasserschlauch-Moortümpelgesellschaften*	9'999'999.0	0.1
2.1.2	212	Röhricht	2.0	0.1
2.1.2.1	2121	Stillwasser-Röhricht*	0.0	0.1
2.1.2.2	2122	Landschilf-Röhricht*	9'999'999.0	0.1
2.1.3	213	Strandlingsgesellschaften*	9'999'999.0	0.1
2.1.4	214	Bach-und Flussröhricht*	9'999'999.0	0.1
2.2	22	Flachmoore	9'999'999.0	0.0
2.2.1	221	Grossseggenbestände	9'999'999.0	0.0
2.2.1.1	2211	Grossseggenried*	0.5	0.0
2.2.1.2	2212	Schneidbinsenried*	9'999'999.0	0.0
2.2.2	222	Saures Kleinseggenried*	0.0	0.0
2.2.3	223	Kalk-Kleinseggenried*	0.0	0.0
2.2.4	224	Übergangsmoor*	0.0	0.0
2.2.5	225	Schwemmufervegetation alpiner Wildbäche*	9'999'999.0	0.0
2.3	23	Feucht-und Nasswiesen	9'999'999.0	0.0
2.3.1	231	Pfeifengraswiese*	0.0	0.0
2.3.2	232	Sumpfdotterblumenwiese*	9'999'999.0	0.0

2.3.3	233	Spierstaudenflur*	0.0	0.0
2.4	24	Hochmoore	0.0	0.0
2.4.1	241	Torfmoos-Hochmoor*	0.0	0.0
2.5	25	Zeitweilig überflutete Annuellenfluren	0.0	0.0
2.5.1	251	Zwergbinsen-Annuellenflur*	9'999'999.0	0.0
2.5.2	252	Nitrophile Annuellenvegetation*	9'999'999.0	0.0
3	3	Gletscher, Fels, Schutt und Geröll	50.0	200.0
3.1	31	Gletscher, Firn	9'999'999.0	200.0
3.1.1	311	Gletscher	50.0	200.0
3.1.2	312	Blockgletscher	9'999'999.0	200.0
3.1.3	313	Firnfeld (Sommer)	9'999'999.0	200.0
3.1.4	314	Schneefeld (Frühling)	9'999'999.0	200.0
3.2	32	Alluvionen und Moränen	9'999'999.0	20.0
3.2.1	321	Alluvionen	9'999'999.0	10.0
3.2.1.0	3210	Alluvionen ohne Vegetation	9'999'999.0	20.0
3.2.1.1	3211	Alluvionen mit krautiger Pioniervegetation*	9'999'999.0	3.0
3.2.2	322	Moräne	9'999'999.0	10.0
3.2.2.0	3220	Moräne ohne Vegetation	9'999'999.0	20.0
3.2.2.1	3221	Moräne mit Pioniervegetation	9'999'999.0	5.0
3.3	33	Steinschutt-und Geröllfluren	5.0	10.0
3.3.1	331	Kalkschutt	9'999'999.0	1.0
3.3.1.1	3311	Kalkschutthalde ohne Gefässpflanzen	9'999'999.0	5.0
3.3.1.2	3312	Alpine Kalkblockflur (hartes Gestein)*	9'999'999.0	10.0
3.3.1.3	3313	Alpine Kalkschieferflur*	9'999'999.0	10.0
3.3.1.4	3314	Feuchte Kalkschuttflur*	9'999'999.0	5.0
3.3.1.5	3315	Sommerwarme Kalkschuttflur	9'999'999.0	20.0
3.3.2	332	Silikatschutt	9'999'999.0	20.0
3.3.2.1	3321	Silikatschutthalde ohne Gefässpflanzen	9'999'999.0	20.0
3.3.2.2	3322	Alpine Silikatschuttflur*	9'999'999.0	20.0
3.3.2.3	3323	Sommerwarme Silikatschuttflur	9'999'999.0	20.0
3.4	34	Felsen	5.0	20.0
3.4.1	341	Kalkfelsen	9'999'999.0	20.0
3.4.1.1	3411	Kalkfelsflur ohne Gefässpflanzen	9'999'999.0	20.0
3.4.1.2	3412	Sonnige Kalkfelsflur mit Gefässpflanzen	9'999'999.0	15.0
3.4.1.3	3413	Schattige Kalkfelsflur mit Gefässpflanzen	9'999'999.0	10.0
3.4.2	342	Silikat-, Serpentinfelsen	9'999'999.0	20.0
3.4.2.1	3421	Silikatfelsflur ohne Gefässpflanzen	9'999'999.0	20.0
3.4.2.2	3422	Silikatfelsflur mit Gefässpflanzen	9'999'999.0	15.0
3.4.2.3	3423	Serpentingesteinflur	9'999'999.0	10.0
3.5	35	Höhlen	9'999'999.0	9'999'999.0
3.5.1	351	Bereich der Unterseite von Steinen, Blöcken, etc.	9'999'999.0	9'999'999.0
3.5.2	352	Tierbau (pholeophile Fauna)	9'999'999.0	9'999'999.0

3.5.3	353	Höhlenwandgesellschaften (Höhleneingang)	9'999'999.0	9'999'999.0
3.5.4	354	Guanohaufen	9'999'999.0	9'999'999.0
3.5.5	355	Künstliche Höhlung (Minen, Tunnel)	9'999'999.0	9'999'999.0
3.5.6	356	Lehmablagerung im Höhleninneren	9'999'999.0	9'999'999.0
3.5.7	357	Fels im Höhleninneren	9'999'999.0	9'999'999.0
4	4	Rasen, Wiesen	4.0	50.0
4.0	40	Kunstrasen	4.0	10.0
4.0.1	401	Kunstwiese auf Fruchtfolgefläche	9'999'999.0	10.0
4.0.2	402	Kunstrasen auf Sportplätzen, im Siedlungsraum, etc.	9'999'999.0	30.0
4.0.3	403	Begrünungssaat nach Erdbewegungen in Tief-lagen (Böschungen)	9'999'999.0	30.0
4.0.4	404	Begrünungsansaat nach Erdbewegungen in Hoch-lagen (Skipisten, etc.)	9'999'999.0	20.0
4.1	41	Felsgrus-und Karstfluren	9'999'999.0	20.0
4.1.1	411	Thermophile Kalkfelsgrusflur*	9'999'999.0	20.0
4.1.2	412	Kalkfelsgrusflur des Gebirges (Karstgebiet)	9'999'999.0	20.0
4.1.3	413	Thermophile Silikatfelsgrusflur*	9'999'999.0	20.0
4.1.4	414	Silikatfelsgrusflur des Gebirges	9'999'999.0	20.0
4.2	42	Wärmeliebende Trockenrasen	2.0	2.0
4.2.1	421	Kontinentaler Trockenrasen*	9'999'999.0	1.0
4.2.1.1	4211	Inneralpine Felsensteppe	9'999'999.0	1.0
4.2.1.2	4212	Kontinentaler Halbtrockenrasen	2.0	1.0
4.2.2	422	Subatlantischer Trockenrasen*	2.0	1.0
4.2.3	423	Insulbrischer Trockenrasen	9'999'999.0	1.0
4.2.4	424	Subatlantischer Halbtrockenrasen*	2.0	1.0
4.3	43	Magerrasen der Hochlagen	2.0	2.0
4.3.1	431	Blaugrashalde	9'999'999.0	2.0
4.3.2	432	Polsterseggenrasen	9'999'999.0	2.0
4.3.3	433	Rostseggenhalde*	9'999'999.0	2.0
4.3.4	434	Nacktriedrasen*	9'999'999.0	2.0
4.3.5	435	Borstgrasweide	9'999'999.0	2.0
4.3.6	436	Buntschwingelrasen	9'999'999.0	2.0
4.3.7	437	Krummseggenrasen	9'999'999.0	2.0
4.4	44	Schneetälchen	9'999'999.0	200.0
4.4.1	441	Kalk-Schneetälchen*	9'999'999.0	200.0
4.4.2	442	Sauerboden-Schneetälchen*	9'999'999.0	0.0
4.5	45	Fettwiesen und -weiden	9'999'999.0	50.0
4.5.1	451	Fromentalwiese	1.0	50.0
4.5.2	452	Goldhaferwiese	1.0	50.0
4.5.3	453	Kammgrasweide	9'999'999.0	50.0
4.5.4	454	Milchkrautweide	9'999'999.0	50.0
4.6	46	Grasbrachen	1.0	5.0

4.6.1	461	Ruderaler Halbtrockenrasen	1.0	5.0
4.6.2	462	Fiederzwenckenbrache	9'999'999.0	5.0
4.6.3	463	Fromentalbrache	9'999'999.0	5.0
4.6.4	464	Pfeifengrasbrache	9'999'999.0	5.0
4.6.5	465	Reitgrasbrache	9'999'999.0	5.0
5	5	Krautsäume, Hochstaudenfluren, Gebüsche	9'999'999.0	5.0
5.1	51	Saumgesellschaften	9'999'999.0	5.0
5.1.1	511	Trockenwarmer Krautsaum*	2.0	2.0
5.1.2	512	Mesophiler Krautsaum	9'999'999.0	2.0
5.1.3	513	Feuchter Krautsaum der Tieflagen	9'999'999.0	0.2
5.1.4	514	Feuchter Krautsaum der höheren Lagen	9'999'999.0	0.4
5.1.5	515	Nährstoffreicher mesophiler Krautsaum*	9'999'999.0	5.0
5.2	52	Hochstaudenfluren, Waldschläge	4.0	3.0
5.2.1	521	Schlagflur, Waldlichtung auf basenreichem Boden	9'999'999.0	1.0
5.2.2	522	Schlagflur, Waldlichtung auf saurem Boden	9'999'999.0	2.0
5.2.3	523	Montan-subalpine Hochgrasflur	9'999'999.0	3.0
5.2.4	524	Subalpine Hochstaudenflur	9'999'999.0	3.0
5.2.5	525	Adlerfarnflur	2.0	3.0
5.3	53	Gebüsche (Waldmäntel, Dickichte, Hecken)	5.0	5.0
5.3.0	530	Naturferne Pflanzung	9'999'999.0	5.0
5.3.0.1	5301	Naturferne Pflanzung mit sommergrünen Arten	9'999'999.0	5.0
5.3.0.2	5302	Naturferne Pflanzung mit immergrünen Arten	9'999'999.0	10.0
5.3.1	531	Besengingster Gebüsche	9'999'999.0	5.0
5.3.2	532	Trockenwarme Gebüsche auf basenreichem Boden*	9'999'999.0	5.0
5.3.3	533	Schlehen-Brombeergebüsche	9'999'999.0	5.0
5.3.4	534	Brombeergestrüpp	9'999'999.0	5.0
5.3.5	535	Gebüschreiche Vorwaldgesellschaften	0.5	5.0
5.3.6	536	Gebirgsweidenaue*	9'999'999.0	2.0
5.3.7	537	Moorweidengebüsche*	9'999'999.0	2.0
5.3.8	538	subalpine Karst-Weidengebüsche	9'999'999.0	2.0
5.3.9	539	Grünerlengebüsche	9'999'999.0	1.0
5.4	54	Heiden	9'999'999.0	2.0
5.4.1	541	Subatlantische Zwergstrauchheide*	2.0	2.0
5.4.2	542	Kontinentale Zwergstrauchheide	9'999'999.0	1.0
5.4.3	543	Subalpine Heide auf Kalkboden*	9'999'999.0	1.0
5.4.4	544	Trockene subalpine Zwergstrauchheide*	9'999'999.0	2.0
5.4.5	545	Mesophile subalpine Zwergstrauchheide*	9'999'999.0	1.0
5.4.6	546	Arktisch-alpine Zwergstrauchheide*	9'999'999.0	2.0
6	6	Wälder	5.0	20.0
6.0	60	Forstpflanzungen, Einzelbäume	5.0	15.0
6.0.1	601	Aufforstung mit Laubgehölzen	9'999'999.0	15.0
6.0.2	602	Aufforstung mit Nadelgehölzen	9'999'999.0	30.0

6.1	61	Bruch-und Auenwälder	4.0	2.0
6.1.1	611	Erlen-Bruchwald*	2.0	0.5
6.1.2	612	Silberweiden-Auenwald*	2.0	0.5
6.1.3	613	Grauerlen-Auenwald*	2.0	0.5
6.1.4	614	Eschen-Auenwald*	4.0	0.5
6.2	62	Buchenwälder	5.0	5.0
6.2.1	621	Orchideen-Buchenwald*	5.0	5.0
6.2.2	622	Hainsimsen-Buchenwald	5.0	5.0
6.2.3	623	Waldmeister-Buchenwald	5.0	5.0
6.2.4	624	Alpenheckenkirschen-Buchenwald	5.0	5.0
6.2.5	625	Tannen-Buchenwald	5.0	5.0
6.3	63	Andere Laubwälder	9'999'999.0	30.0
6.3.1	631	Bergahorn-Schluchtwald*	5.0	5.0
6.3.2	632	Wärmeliebender Linden-Mischwald*	5.0	5.0
6.3.3	633	Eichen-Hainbuchenwald*	5.0	5.0
6.3.4	634	Flaumeichenwald*	5.0	5.0
6.3.5	635	Hopfenbuchenwald der Alpensüdseite	9'999'999.0	15.0
6.3.6	636	Bodensaurer Eichen-Mischwald	5.0	5.0
6.3.7	637	Kastanienwald	9'999'999.0	15.0
6.3.8	638	Laubwald mit immergrünem Unterholz	9'999'999.0	30.0
6.3.9	639	Robinien-Sekundärwald	9'999'999.0	5.0
6.4	64	Wärmeliebende Föhrenwälder	0.5	10.0
6.4.1	641	Pfeifengras-Föhrenwald*	5.0	0.5
6.4.2	642	Subkontinentaler Kalk-Föhrenwald*	5.0	2.0
6.4.3	643	Kontinentaler Steppen-Föhrenwald	9'999'999.0	2.0
6.4.4	644	Mesophiler Föhrenwald auf Silikat*	10.0	0.2
6.5	65	Moorwälder	2.0	0.5
6.5.1	651	Birken-Moorwald*	2.0	0.5
6.5.2	652	Torfmoos-Bergföhrenwald*	9'999'999.0	0.5
6.5.3	653	Torfmoos-Fichtenwald*	9'999'999.0	0.5
6.6	66	Nadelwälder der Hochlagen	8.0	5.0
6.6.1	661	Tannen-Fichtenwald*	8.0	5.0
6.6.2	662	Heidelbeer-Fichtenwald	9'999'999.0	2.0
6.6.3	663	Lärchen-Arvenwald*	9'999'999.0	2.0
6.6.4	664	Lärchenwald	9'999'999.0	2.0
6.6.5	665	Bergföhrenwald*	9'999'999.0	2.0
6.99	699	Offenener Wald	2.0	0.5
7	7	Pioniervegetation oft gestörter Plätze (Ruderalstandorte)	2.0	2.0
7.1	71	Trittrasen und Ruderalfluren	5.0	2.0
7.1.0	710	Trittfoot, Trümmerfeld ohne Vegetation	9'999'999.0	2.0
7.1.1	711	Feuchte Trittfoot*	9'999'999.0	2.0
7.1.2	712	Trockene Trittfoot	9'999'999.0	5.0

7.1.3	713	Subalpiner und alpiner Trittrasen	9'999'999.0	5.0
7.1.4	714	Einjährige Ruderalgesellschaften	9'999'999.0	2.0
7.1.5	715	Wärmeliebende Ruderalgesellschaften*	9'999'999.0	2.0
7.1.6	716	Mesophile Ruderalgesellschaften	9'999'999.0	2.0
7.1.7	717	Subalpine und alpine Lägergesellschaften	9'999'999.0	5.0
7.1.8	718	Lägergesellschaften der Tieflagen	9'999'999.0	5.0
7.2	72	Anthropogene Steinfluren	9'999'999.0	2.0
7.2.0	720	Mauer und Steinpflasterung ohne Vegetation	9'999'999.0	1.0
7.2.1	721	Ruine und alte Mauer	9'999'999.0	1.0
7.2.2	722	Steinpflasterung	9'999'999.0	1.0
8	8	Pflanzungen, Äcker, Kulturen	9'999'999.0	50.0
8.1	81	Baumschulen und Obstgärten	9'999'999.0	50.0
8.1.1	811	Baumschule aus Laubgehölzen	9'999'999.0	30.0
8.1.2	812	Baumschule aus Nadelgehölzen	9'999'999.0	30.0
8.1.3	813	Kastanienhain (ohne Unterholz)	9'999'999.0	30.0
8.1.4	814	Hochstammobstgarten	5.0	2.0
8.1.5	815	Niederstammobstgarten	9'999'999.0	2.0
8.1.6	816	Weinberg	10.0	2.0
8.1.7	817	Beerenkultur	9'999'999.0	30.0
8.2	82	Feldkulturen	2.0	50.0
8.2.1	821	Getreidekultur (Brotgetreide), vorwiegend Winterkultur	9'999'999.0	30.0
8.2.1.0	8210	Getreide ohne Ackerbegleitvegetation	9'999'999.0	30.0
8.2.1.1	8211	Ackerbegleitvegetation der sauren Böden	9'999'999.0	30.0
8.2.1.2	8212	Ackerbegleitvegetation kalkreicher Böden	9'999'999.0	30.0
8.2.2	822	Mais-, Tabak- und andere Ackerkultur (vorwiegend Sommerkultur)	9'999'999.0	30.0
8.2.3	823	Hackfruchtkultur (Sommerkultur), Gärten	9'999'999.0	30.0
8.2.3.0	8230	Hackfrucht ohne Begleitflora	9'999'999.0	30.0
8.2.3.1	8231	Begleitvegetation der Hackkulturen auf basenarmen Böden*	9'999'999.0	30.0
8.2.3.2	8232	Begleitvegetation der Hackkulturen auf kalkhaltigen Lehmböden	9'999'999.0	30.0
8.2.3.3	8233	Begleitvegetation der Hackkulturen auf basenarmen lockeren Böden	9'999'999.0	30.0
8.2.3.4	8234	Begleitvegetation der Hackkulturen auf kalkhaltigen lockeren Böden	9'999'999.0	30.0
9	9	Bauten, Anlagen	30.0	200.0
9.1	91	Lagerplätze, Deponien	10.0	200.0
9.1.1	911	Misthaufen	9'999'999.0	200.0
9.1.2	912	Komposthaufen	9'999'999.0	200.0
9.1.3	913	Abfalldeponie im Betrieb	9'999'999.0	200.0
9.2	92	Bauten	30.0	9'999'999.0
9.2.1	921	Bewohntes Gebäude	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.1.1	9211	Keller	9'999'999.0	9'999'999.0

9.2.1.2	9212	Bewohnte Räumlichkeit, Wohnung	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.1.3	9213	Estrich, Dachstuhl, Dachstock	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.1.4	9214	Fassade, Aussenwände	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.2	922	Tierstallungen, Gewächshäuser	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.2.1	9221	Kuh-und Pferdestall	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.2.2	9222	Schweinestall	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.2.3	9223	Kaninchen-und Hühnerstall	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.2.4	9224	Treibhaus	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.3	923	Scheune, Schopf	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.4	924	Andere Bauten	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.4.1	9241	Turm, Kirchturm	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.4.2	9242	Wasserspeicher, Schwimmbad	30.0	9'999'999.0
9.2.4.3	9243	Fabrik, Halle, Lagerhaus	9'999'999.0	9'999'999.0
9.2.4.4	9244	Andere Baulichkeiten	9'999'999.0	9'999'999.0
9.3	93	Belagsflächen	50.0	100.0
9.3.1	931	Versiegelte Sportplatz, Parkplatz, etc.	10.0	100.0
9.3.2	932	Asphalt-oder Betonstrasse	10.0	100.0
9.3.2.1	9321	Strasse	10.0	100.0
9.3.2.2	9322	Autobahn	50.0	100.0
9.3.3	933	Weg ohne Vegetation	10.0	30.0
9.4	94	Bahngleis	9'999'999.0	20.0
9.9	99	Kreuzung - Strasse-Gewässer	50.0	100.0
	10000	1_Klass	50.0	30.0
	10100	2_Klass	50.0	30.0
	10200	3_Klass	50.0	20.0
	10300	4_Klass	50.0	15.0
	10400	5_Klass	20.0	10.0
	10500	6_Klass	20.0	5.0
	10600	A_Zufahrt	100.0	30.0
	10700	Autob_Ri	50.0	30.0
	10800	Autobahn	100.0	30.0
	10900	Autostr	50.0	30.0
	11000	BruekLe	50.0	30.0
	11100	Ein_Ausf	30.0	30.0
	11200	Parkweg	50.0	5.0
	11300	Q_Klass	50.0	5.0
	20000	Gt_Bahn	10.0	5.0
	20100	I_Geleis	10.0	5.0
	20200	MS_Bahn	10.0	5.0
	20300	NS_Bahn1	10.0	5.0
	20400	NS_Bahn2	10.0	10.0
	20500	SS_Bahn1	10.0	5.0

20600	SS_Bahn2	10.0	5.0
20700	Str_Bhof	10.0	5.0
21000	Gt_Bahn	5.0	5.0
21100	I_Geais	5.0	5.0
21200	MS_Bahn	5.0	5.0
21300	NS_Bahn1	5.0	5.0
21400	NS_Bahn2	5.0	5.0
21500	SS_Bahn1	5.0	5.0
21600	SS_Bahn2	5.0	5.0
21700	Str_Bhof	5.0	5.0
30000	nicht klassiert	1.0	10.0
30100	natürlich / naturnah	0.2	1.0
30200	wenig beeinträchtigt	0.4	5.0
30300	stark beeinträchtigt	1.0	10.0
30400	künstlich / naturfremd	1.5	15.0
30500	eingedolt	5.0	200.0
31000	nicht klassiert	3.0	30.0
31100	natürlich / naturnah	1.5	1.0
31200	wenig beeinträchtigt	2.0	8.0
31300	stark beeinträchtigt	3.0	10.0
31400	künstlich / naturfremd	4.0	15.0
31500	eingedolt	5.0	200.0

Kartenwerke