



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

„Biodiversität im Wald“ Ermittlung potenzieller Waldreservatsflächen mittels Methoden der Geoinformatik

vorgelegt von

Tuxa Ayús Pellitero, Ingeniera de Montes
U1387, UNIGIS MSc Jahrgang 2008

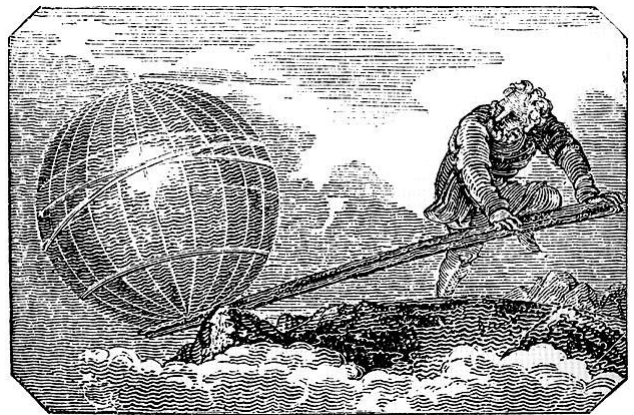
Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Bern, 28. Dezember 2010

*Gebt mir einen festen Punkt im All,
und ich werde die Welt aus den
Angeln heben.*

Archimedes (287 v. Ch. – 212 v. Ch.)



Vorwort

Ich strebe mit meiner Arbeit keineswegs an, die Welt aus den Angeln zu heben, aber das Hebelgesetz erklärt für mich die Funktion von GIS in der Planung und den Entscheidungsmethoden. Dank des Einsatzes von GIS erreichen wir heute was früher undenkbar war. Egal wie die Problemstellung aussieht, es gibt oft eine Möglichkeit mit GIS eine Lösung zu finden. GIS ist für mich nicht nur der Hebel sondern auch der Angelpunkt, der es mir erlaubt die Welt aus einer anderen Perspektive zu sehen, sie anders zu verstehen und neue Erkenntnisse daraus zu gewinnen.

Ich möchte mich bei denen bedanken, die mir während dieser drei Jahre, einen Angelpunkt gegeben haben:

bei Beat und bei meinen Eltern,

bei Mary, Horst und Jürg,

bei meinen Freundinnen und Freunden für die unterstützenden Worte,

bei meinen Arbeitskolleginnen, Arbeitskollegen und beim Amt für Wald für das Verständnis,

bei Annelies, Timon und Joëlle für ihre Arbeit, Bereitschaft und Geduld,

bei Christof, Wale, Erwin, Simon, Geri, Adrian, Michael, Fritz, Abraham, Mariana und Chrigu für die wertvollen kritischen Anmerkungen,


bei Christof Angst, bei Michael Jutzi sowie bei Hans Schmid und Pierre Mollet für ihre Flexibilität,

und bei Marguerite, meiner ehemaligen Deutschlehrerin für ihr Vertrauen.

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.

Bern, 28. Dezember 2010



Tuxa Ayús Pellitero

Kurzfassung

Für eine Pilotregion im Berner Oberland sollten die Wälder betreffend ihrem Potenzial für die Errichtung von Waldreservaten ausgewertet und klassifiziert werden. Mit der vorliegenden Arbeit bezwecken wir, eine objektive Grundlage für die Entscheidungsfindung betreffend Biodiversität im Wald zu schaffen. Wir prüfen, ob es mit Methoden der Geoinformatik und unter Verwendung von vorhandenen Geodaten möglich ist, die Wälder der Pilotregion betreffend ihrem Potenzial für die Errichtung von Waldreservaten zu lokalisieren und zu klassifizieren. Als letztes wurde versucht das Verständnis für die Implementierung von GIS in den Entscheidungsprozessen der Forstwissenschaft zu stärken.

Um das Potenzial einer Waldfläche zu ermitteln, sind Indikatoren zusammen mit räumlichen Analysen notwendig. Sie wandeln gewisse natürliche Merkmale in quantifizierbare Faktoren um. Der limitierende Faktor für die Auswahl von Indikatoren und Analysen waren die vorhandenen Geodaten. Verschiedene Literaturquellen sowie ein Fachbeirat wurden für die Auswahl der Indikatoren und für die Bewertung und Skalierung der Ergebnisse konsultiert. Der resultierende Kriterienkatalog beinhaltet dreizehn Indikatoren, die sich in vier Kriterien – Relevanz, Naturnähe, Vielfalt und Seltenheit – zusammenfassen lassen.

Die Gesamtbewertung oder der Potenzialwert der einzelnen Waldeinheiten ergibt sich aus den Bewertungen der Kriterien, welche sich ebenfalls aus den Bewertungen der Indikatoren ergab. Für ein Fünftel der Waldfläche des Testgebietes wurde das Potenzial als „sehr hoch“ für die Errichtung von Waldreservaten eingestuft. Diese Ergebnisse stellen a priori bereits eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Waldplanung dar.

Beim Verfassen der Arbeit stiessen wir auf weitere Bedürfnisse. Unter anderem auf die Notwendigkeit die Resultate im Feld zu überprüfen, um die Richtigkeit der Methode zu bestätigen. Oder auf Verbesserungsmöglichkeiten, um die Objektivität der Methode zu erhöhen, beispielsweise unter Berücksichtigung weiterer Geodaten und Indikatoren sowie die Feinjustierung der Skalierung für diese Indikatoren.

Schlüsselwörter: Räumliche Entscheidungshilfesysteme, forstliche Planung, Biodiversität, Waldreservat, GIS, räumliche Analysemethoden

Abstract

Forest Biodiversity: Identification of Potential Forest Reserves by Means of Geoinformatics

The forests in our study area, situated in the Bernese Oberland, are to be evaluated and classified on their potential for the establishment of forest reserves. With this thesis, we aim to provide an objective basis for decision-making processes concerning forest biodiversity. We assess whether it is possible to classify and locate those forests by means of geoinformatics, and using only existing spatial data. We also attempt to gain acceptance for the implementation of GIS as a decision support system in the field of forestry.

In order to determine the potential of a forest area, specific indicators used in combination with spatial analysis were required. In this way, certain natural features relating to forest biodiversity are turned into measurable terms. The limiting factor in the choice of indicators and suitable analysis was the existence of applicable spatial data. Several bibliography sources and an advisory board were consulted in order to choose suitable indicators and to determine the rating and value-scales of the results. The resulting catalogue of criteria includes thirteen indicators, which can be grouped into the following four criteria: relevance, naturalness, diversity and rareness.

Through the combination of the criteria's ratings for each forest unit, we obtain the potential value concerning biodiversity for every unit. Those criteria's ratings are the result of the combination of the indicator's ratings for every forest unit. More than a fifth of the forest in the study area was assessed as having a "very high" potential for the establishment of forest reserves. This result in itself provides an important decision-making basis for forest planners.

During the writing of this thesis, further requirements for consideration became evident. These include: field verification of the results in order to confirm the accuracy of the method; integration of additional spatial data and indicators; or the adjustment of the indicators' value-scales to improve the method objectivity.

Keywords: Spatial decision support systems, forest planning, biodiversity, forest reserves, GIS, spatial analysis methods

Resumen

Biodiversidad Forestal: Determinación de Reservas Forestales Potenciales mediante Métodos de la Geoinformática.

Las masas forestales de nuestra zona de estudio, en el Oberland bernés, han de ser evaluadas y clasificadas en cuanto a su potencial para albergar reservas forestales. Con el presente trabajo, pretendemos proporcionar una base objetiva para la toma de decisiones concernientes a la biodiversidad en el ámbito forestal. Probaremos si es posible localizar y clasificar las masas forestales potenciales, mediante métodos geoinformáticos y utilizando únicamente datos geográficos existentes. Por último, nos gustaría sensibilizar sobre la integración de sistemas de información geográfica en la toma de decisiones en el campo forestal.

Para determinar el potencial de una masa forestal fue necesario contar con indicadores así como con análisis espaciales. Éstos nos permiten transformar una serie de aspectos relacionados con la biodiversidad en unidades cuantificables. Los datos geográficos disponibles limitaron la elección de los indicadores o análisis posibles. Para su selección, valoración y puntuación se recurrió a la bibliografía así como a la consulta de un panel de expertos. El catálogo de criterios resultante está basado en trece indicadores que pueden resumirse en los siguientes cuatro criterios: relevancia, naturalidad, diversidad y rareza.

El resultado final del trabajo consiste en la combinación de las valoraciones de los criterios para cada unidad forestal, valoraciones que a su vez fueron obtenidas mediante la combinación de las valoraciones de los respectivos indicadores. Resultando más de un quinto de la superficie forestal del área de estudio con “muy alto” potencial para albergar reservas forestales. Estos resultados conforman, a priori, una base importante para la toma de decisiones en el campo de la planificación forestal.

Con la redacción del presente trabajo quedaron patentes otros aspectos. Entre otros la necesidad de comprobar los resultados en campo para corroborar la precisión del método. También podría mejorarse su objetividad utilizando más indicadores y datos geográficos adicionales, así como, ajustando las escalas de valoración de los indicadores.

Palabras clave: Sistemas espaciales de apoyo a la toma de decisiones, planificación forestal, biodiversidad, reservas forestales, SIG, métodos de análisis espacial

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit	II
Kurzfassung	III
Abstract	IV
Resumen	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einführung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Hypothese	1
1.3 Ziele	2
1.4 Lösungsansatz	3
1.5 Themen, die nicht behandelt werden	4
1.6 Beabsichtigtes Publikum & Diktion	5
2 Literaturüberblick	6
2.1 Biodiversität oder biologische Vielfalt	6
2.2 Messung und Bewertung der Biodiversität	6
2.3 Biodiversität im Wald	8
2.4 Förderung der Biodiversität im Wald	9
2.5 Umsetzungsinstrumente und ihre ökologische Bedeutung	10
2.6 Analysen und Methoden	13
3 Lösungsansatz, Materialien und Methoden	14
3.1 Theorieansatz	14
3.2 Methoden	17
3.3 Werkzeuge	21

3.4	Testgebiet	21
3.5	Verwendete Geodaten	27
3.6	Implementierung (Werkzeug, Testgebiet/-datensatz)	39
4	Ergebnisse	71
4.1	Kriterium A Relevanz	71
4.2	Kriterium B Naturnähe	72
4.3	Kriterium C Vielfalt	74
4.4	Kriterium D Seltenheit	76
4.5	Potenzialkarte	78
5	Analyse der Ergebnisse	81
6	Zusammenfassung, Diskussion, Ausblick	84
6.1	Zusammenfassung	84
6.2	Diskussion	86
6.3	Ausblick	90
	Literaturverzeichnis	92
	Anhang	95
	Ergebnisse: Indikatoren, Kriterien und Potenzial	96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur dieser Thesis, Lösungsansatz.	4
Abbildung 2: Wälder sind sehr wichtige Lebensräume für Moose und Schnecken.	9
Abbildung 3: In einem Totalreservat wird bewusst die natürliche Entwicklung des Waldes zugelassen	11
Abbildung 4: Das Totholz bietet Lebensraum für viele Organismen	12
Abbildung 5: Übersicht Indikatorenkarten (orange) der Bewertungskriterien (rot), aggregierte Kriterienkarten und Potenzialkarte (blau).	16
Abbildung 6: Übersicht der drei Gemeinden im Testgebiet	22
Abbildung 7: Dälewald-Chüematte, Gemeinde Beatenberg	23
Abbildung 8: Das Pflanzenschutzgebiet des Niederhorns (Beatenberg)	24
Abbildung 9: WNI-Objekt bestehend aus lückigem Wald in der Gemeinde Habkern	24
Abbildung 10 Totholz in einem Moorgebiet der Gemeinde Habkern	25
Abbildung 11: Orchidee im Hochmoor, Gemeinde Habkern	25
Abbildung 12: Fleischfressende Pflanze in einem Hochmoorgebiet in der Gemeinde Habkern	26
Abbildung 13 Übersicht über die vorhandenen WNI-Daten im Kanton Bern.	28
Abbildung 14: Legende der nachfolgenden Analyseschemata	39
Abbildung 15: Analyseschema Indikator A1 WNI-Einheiten	40
Abbildung 16: Zwischenergebnis Indikator A1 WNI-Einheiten	41
Abbildung 17: Analyseschema Indikator B1 Menschlicher Störungsdruck	43
Abbildung 18: Zwischenergebnis Indikator B1 Menschlicher Störungsdruck	44
Abbildung 19: Analyseschema Indikator B2 Unzugänglicher Wald	45
Abbildung 20: Zwischenergebnis Indikator B2 Unzugänglichkeit	46
Abbildung 21: Analyseschema Indikator B3 Kernflächen	47
Abbildung 22: Zwischenergebnis Indikator B3 Kernflächen	48
Abbildung 23: Analyseschema Indikator B4 Naturnähe gemäss WNI	49
Abbildung 24: Zwischenergebnis Indikator B4 Naturnähe gemäss WNI	50
Abbildung 25: Analyseschema Indikator B5 Altholz	51
Abbildung 26: Zwischenergebnis Indikator B5 Altholz	52

Abbildung 27: Analyseschema Indikator B6 Totholz	53
Abbildung 28: Zwischenergebnis Indikator B6 Totholz	54
Abbildung 29: Analyseschema Indikator C1 Standortvielfalt	55
Abbildung 30: Zwischenergebnis Indikator C1 Standortvielfalt	56
Abbildung 31: Analyseschema Indikator C2 Kleinstrukturen im Bestand	59
Abbildung 32: Zwischenergebnis Indikator C2 Kleinstrukturen im Bestand	60
Abbildung 33: Analyseschema Indikator D1 Gefährdete Pflanzenarten	61
Abbildung 34: Zwischenergebnis Indikator D1 Gefährdete Pflanzenarten	63
Abbildung 35: Analyseschema Indikator D2 Seltene Waldstandorte	64
Abbildung 36: Zwischenergebnis Indikator D2 Seltene Waldstandorte	65
Abbildung 37: Analyseschema Indikator D3 Gefährdete Tierarten	66
Abbildung 38: Zwischenergebnis Indikator D3 Gefährdete Tierarten	67
Abbildung 39: Analyseschema Indikator D4 Wertvolle Biotop	69
Abbildung 40: Zwischenergebnis Indikator D4 Wertvolle Biotop	70
Abbildung 41: Ergebniskarte Kriterium Naturnähe	72
Abbildung 42: Ergebniskarte Kriterium Vielfalt	74
Abbildung 43: Ergebniskarte Kriterium Seltenheit	76
Abbildung 44: Potenzialkarte	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Programmziele für die Förderung der Biodiversität im Wald.	10
Tabelle 2: Bewertungstabelle der Indikatoren, Kriterien und des Potenzials	20
Tabelle 3: Übersicht der Flächenstatistik für das Testgebiet	26
Tabelle 4: Allgemeine Klassifikation der verwendeten Geodaten nach ihrer Wirkung	27
Tabelle 5: Übersicht über die Kriterien und Indikatoren	39
Tabelle 6: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils mit Störungsdruck	43
Tabelle 7: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils an unzugänglichem Wald	46
Tabelle 8: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zur Unzugänglichkeit	46
Tabelle 9: Bewertung und Skalierung des Core Area Index	48
Tabelle 10: Bewertung und Skalierung des Naturnähe-Wertes nach WNI	50
Tabelle 11: Bewertung und Skalierung der Altholzanteil	51
Tabelle 12: Bewertung und Skalierung des Totholzanteil	54
Tabelle 13: Bewertung und Skalierung der relativen Fülle	56
Tabelle 14: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils an Kleinstrukturen	60
Tabelle 15: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zu den besonderen Elementen	60
Tabelle 16: Bewertung und Skalierung der Pflanzenvorkommen	62
Tabelle 17: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zu den besonderen Waldpflanzen	62
Tabelle 18: Bewertung und Skalierung der gruppierten seltene Waldgesellschaften.	64
Tabelle 19: Bewertung und Skalierung der gefährdeten Tierarten nach der Kategorie der RL	67
Tabelle 20: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zu den besonderen Tierarten	67
Tabelle 21: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils an wertvollen Biotopen	69
Tabelle 22: Zusammenfassung der Ergebnisse für das Kriterium Naturnähe	73
Tabelle 23: Zusammenfassung der Ergebnisse für das Kriterium Vielfalt	75
Tabelle 24: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse für das Kriterium Seltenheit	77
Tabelle 25: Übersicht der Ergebnisse als Flächenstatistik	78
Tabelle 26: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Klassifizierung der Wälder nach ihrem Potenzial	79

Abkürzungsverzeichnis

ANF	Abteilung Naturförderung, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern (vormals NSI)
AVR	Reduzierte Daten der amtlichen Vermessung, basierend auf DM. 01-AV-BE
BAFU	Eidgenössisches Bundesamt für Umwelt (vormals BUWAL)
BDM	Biodiversitäts-Monitoring Schweiz
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (heute BAFU)
cscf	Centre Suisse de Cartographie de la Faune
DM	Datenmodell
DTM-AV	Digitales Terrainmodell der Amtlichen Vermessung
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
GIS	Geografische Informationssysteme
KAWA	Amt für Wald des Kantons Bern
KWP	Kantonaler Waldplan. Übergeordnete Ebene für die Waldplanung im Kanton Bern.
LANAT	Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern
NSI	Naturschutzinspektorat (heute ANF)
RL	Rote Liste
RWP	Regionaler Waldplan. Grundlage für die Waldplanung im Kanton Bern.
WNI	Wald-Naturschutzinventar
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf
zdsf	Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora

1 Einführung

1.1 Motivation

Der Wald erfüllt wichtige und vielseitige Funktionen. Er schützt den Menschen samt seiner Sachwerte vor Naturgefahren wie Lawinen oder Überschwemmungen. Er bietet Erholungsraum für die Menschen, gleichzeitig produziert er Holz und speichert Kohlendioxid (CO₂). Er trägt zur Biodiversität bei, indem er Pflanzen und Tieren wertvollen Lebensraum bietet.

Um diese wichtige und zuletzt erwähnte Waldfunktion, Schutz der Biodiversität, zu erhalten und zu fördern muss der Forstdienst mit dem Einverständnis der Waldeigentümerinnen und Waldeigentümer diverse Massnahmen umsetzen.

Die Öffentlichkeit, in der Schweiz in Form von Bund und Kantonen, setzt Mittel ein, um die Umsetzung dieser Massnahmen zur Förderung der Biodiversität für die Waldbesitzenden attraktiver zu gestalten. Damit soll die Erhaltung dieser Waldfunktion gesichert werden.

Aufgabe der jeweiligen kantonalen Forstverwaltung ist zu entscheiden, welche Wälder sich für diesen Zweck am besten eignen. Diese Entscheidung ist in erster Linie planerischer Natur: die Waldplanung entscheidet welche Wälder eine Vorrangfunktion Biodiversität haben, das heisst, für welche Wälder die Funktion Biodiversität wichtiger ist als alle anderen Funktionen. Später werden in einigen dieser Wälder Massnahmen getroffen, wie beispielsweise die Errichtung eines Totalreservats, eines Teilreservats oder einer Alt- und Totholzinsel.

Als Forstingenieurin ist es mir persönlich sehr wichtig, diese Prozesse der Entscheidungsfindung forstwissenschaftlicher Natur mit der Unterstützung der Geoinformatik effizienter, objektiver und einfacher zu gestalten. Die geografischen Informationssysteme sollen als Basis für strategische Entscheidungen auch in der kantonalen Forstverwaltung angewandt werden. Deshalb widmet sich diese Master Thesis der Geoinformatik-gestützten Waldplanung.

1.2 Hypothese

Mit der vorliegenden Arbeit prüfen wir, ob die potenziellen Wälder für den Schutz der Biodiversität in einer kleinen Pilotregion im Kanton Bern objektiv mit Methoden der Geoinformatik und mit vorhandenen Geodaten ermittelt werden können.

Wir werden die Wälder für die Pilotregion betreffend Biodiversität bewerten und die potenziellen Flächen für die Umsetzung von Massnahmen zur Förderung der Biodiversität aufzeigen. Die daraus resultierende erste Klassifizierung soll als Grundlage für die objektive Entscheidungsfindung dienen und zeigen, welche Wälder innerhalb einer Region für die gezielte Umsetzung der erwähnten Massnahmen prioritär sind.

Weitere Fragen, die mit der vorliegenden Arbeit beantwortet werden, sind:

- Wie können wir den Biodiversitätswert im Wald messen und ermitteln?
- Welche Indikatoren, welche Geodaten und welche Analysen sind zur Erreichung unseres Ziels relevant?
- Sind die nötigen Geodaten vorhanden?
- Ist die Qualität der Geodaten ausreichend?
- Sind die Ergebnisse nachvollziehbar?
- Kann die Waldplanung die Ergebnisse für die Entscheidungsfindung weiter verwenden?

1.3 Ziele

Die Waldfläche der Pilotregion ist am Ende des Projekts bezüglich der Biodiversität im Wald analysiert, das heisst, die Wälder, welche sich für die Errichtung eines Waldreservates¹ eignen, sind lokalisiert und klassifiziert.

Eine erste Entscheidungshilfe für die Planung ist mit der Arbeit geschaffen. Das Ergebnis der Arbeit soll als objektive Grundlage für die Entscheidungsfindung dienen. Es zeigt, welche Gebiete für die Umsetzung von Massnahmen zur Förderung der Biodiversität im Wald mit höherer Priorität zu berücksichtigen sind. Als Ergebnis sind die Wälder in der Pilotregion beurteilt und kategorisiert. Dank dieser Kategorisierung wissen wir, für welche Wälder eine nähere Evaluation sinnvoll ist. Schliesslich muss der Forstdienst nach einer forstfachlichen Begutachtung im Wald entscheiden, welche Massnahme sich für jeden speziellen Fall am besten eignet. Mit der vorliegenden Arbeit sollen die ersten Schritte des Prozesses erleichtert und objektiv dargestellt werden, damit nicht jeder Wald einzeln begutachtet werden muss und damit keine Kriterien politischer, nicht objektiver Natur für die Ausscheidung berücksichtigt werden.

Das letzte Ziel ist abstrakter, aber deshalb nicht weniger wichtig. Mit der Arbeit hat man die Absicht Verständnis zu schaffen, vor allem in Kreisen der Entscheidungsträger im Bereich der

¹ Eine Erklärung des Begriffes „Waldreservat“ befindet sich im Kapitel 2.5.1.

Forstwissenschaft, für die Integration von Methoden der Geoinformatik sowie Geoinformationssystemen in Entscheidungsprozessen.

1.4 Lösungsansatz

Vorgehen:

- Basierend auf Literatur werden Kriterien und Indikatoren ausgewählt. Die Indikatoren wandeln Merkmale (natürlicher, physischer, geomorphologischer, geografischer und sonstiger Art) eines Waldbestandes in messbare Zahlen um. So können wir für jede Waldeinheit einen Wert betreffend Biodiversität ermitteln.
- Nach der Auswahl der Indikatoren, suchen wir geeignete Geodaten für die Ermittlung jedes Indikators. Grundlagendaten für die vorliegende Arbeit sind die Geodaten des Kantons Bern sowie der Eidgenossenschaft, die wichtige Informationen über die Biodiversität und den Naturschutz im Wald beinhalten. Das sind zum Beispiel: Das Wald-Naturschutzinventar, das Vorkommen von gefährdeten Pflanzen- und Tierarten, Naturschutzgebiete sowie andere allgemeine Geodaten wie das Gewässernetz, digitales Geländemodell, politische Grenzen, etc.
- Verschiedene räumliche Analysen müssen vorgenommen werden, damit wir Aussagen für jede Waldeinheit basierend auf den vorhandenen Geodaten gewinnen können. Die Analysen hängen stark von den Indikatoren ab. Nachdem sie durchgeführt wurden, erhält jede Waldeinheit einen Wert pro Indikator.
- In der nächsten Phase versehen wir die Waldeinheiten pro Indikator und je nach erhaltenem Wert mithilfe einer Skala mit Punkten. Der Anzahl der Punkte entsprechend, erhalten die Waldeinheiten eine Bewertung. Als Teilergebnis erhalten wir eine Karte pro Indikator mit einer auf der Bewertung basierenden Darstellung.
- So erhält jede Waldeinheit pro Indikator eine Bewertung bezüglich ihres Biodiversitätspotenzial. Die Indikatoren werden in Kriterien zusammengefasst. Die Punktzahl pro Kriterium wird aus dem Mittelwert aller dazugehörigen Indikatoren berechnet. Daraus ergibt sich eine Bewertung pro Kriterium und Waldeinheit. Als Ergebnis erhalten wir pro Kriterium eine Karte, in der die Bewertung ersichtlich ist.
- In der letzten Phase fassen wir die Kriterien zusammen, die Gesamtpunktzahl ergibt sich aus dem Mittelwert der einzelnen Kriterien. So erhalten wir als Ergebnis eine Karte, in der die potenziellen Waldreservatsflächen nach Kategorien dargestellt sind.

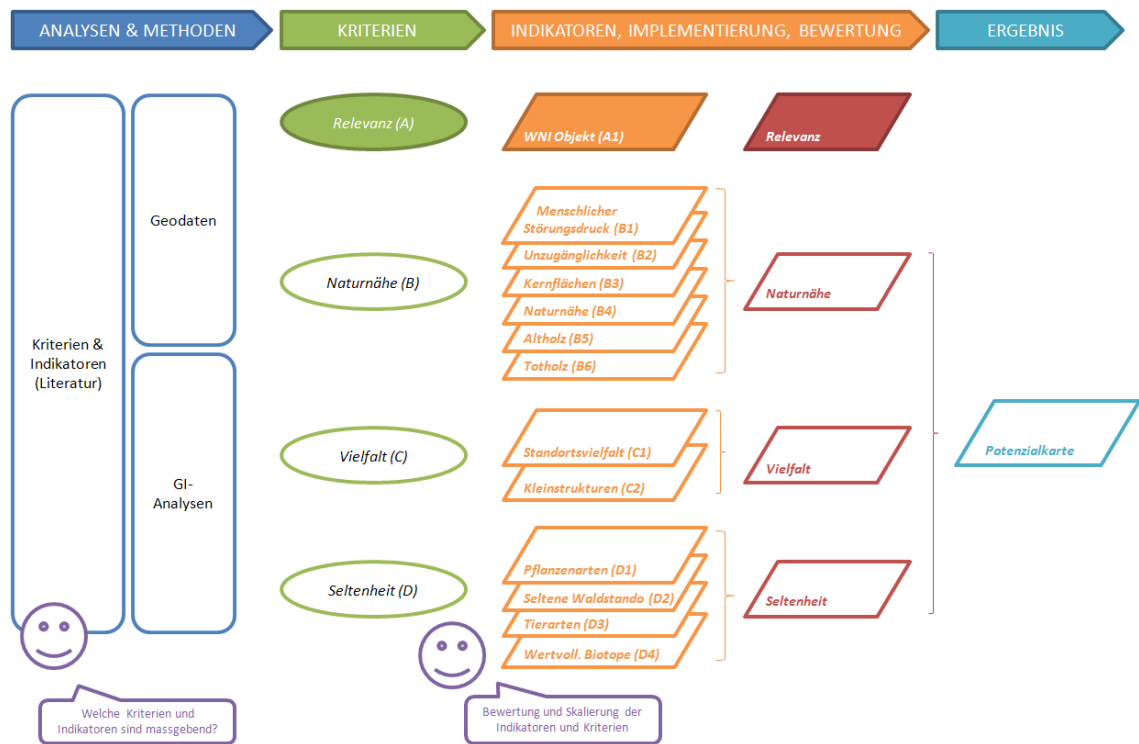


Abbildung 1: Struktur dieser Thesen, Lösungsansatz.

1.5 Themen, die nicht behandelt werden

Nicht Ziel der vorliegenden Thesen ist es, eine zu enge Auseinandersetzung mit dem Konzept Biodiversität im Wald aus Sicht der Ökologie. Oder wie das Biodiversitätsmonitoring mit Methoden der Geoinformatik am besten durchgeführt werden kann. Deshalb ist weder das Herleiten noch die Beurteilung der Wirkung oder der Nachvollziehbarkeit von Biodiversitätsindikatoren für den Wald Ziel dieser Arbeit.

Kein weiteres Ziel der Thesen ist die Geodatenmodellierung. Es ist nicht Ziel zu erklären wie die Geodaten aussehen sollen oder welche Attribute und Informationen sie beinhalten müssen, damit bessere Aussagen oder Analysen zum Thema Biodiversität eruiert werden können. Für die Erfüllung der Ziele werden auch keine neuen Geodaten erhoben.

Die vorliegende Arbeit gibt keine detaillierte Auskunft über die genauen Massnahmen zur Förderung der Biodiversität (darauf wird im Kapitel 2.5 kurz eingegangen) und wo sie genau getroffen werden müssen. Diese Entscheidung soll die verantwortliche Forstfachfrau bzw. Forstfachmann nach einer genauen Evaluation im Gelände treffen. Mit der Arbeit wird aufgezeigt, welche potenziellen Waldreservatsflächen vorhanden sind; das heisst, welche Waldflächen eine genauere Evaluation verdienen. Dadurch ist der Forstdienst in der Lage die richtige Massnahme für eine bestimmte Fläche herzuleiten und umzusetzen.

In dieser Arbeit wurde auf die Beurteilung des Waldrandes sowie die Vernetzung der Waldeinheiten verzichtet. Es handelt sich um sehr spannende Themen für die Biodiversität im Wald. Sie werden aber durch Bund und Kantone getrennt behandelt und mit einer anderen Programmvereinbarung (vgl. Tabelle 1, S. 10) separat gefördert. Deshalb wurde darauf verzichtet, diese Themen in die Arbeit zu integrieren.

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden nicht im Feld überprüft. Trotzdem wäre ein Vergleich zwischen dem Modell und der Realität wichtig, um die Mängel des Modells zu erkennen und dieses zu verbessern.

1.6 Beabsichtigtes Publikum & Diktion

Das Zielpublikum dieser Thesis sind GIS-Fachleute die aufgrund ihrer beruflichen Beschäftigung in forstfachlichen Bereichen Entscheidungsgrundlagen erarbeiten.

Weiteres Zielpublikum sind interessierte Waldfachleute, die sich mit Fragen zum Thema Biodiversität im Wald und der Waldplanung auseinandersetzen. Auch Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger, die sich für GIS und ihre Methoden interessieren und an den Möglichkeiten von GIS als entscheidungsunterstützende Systeme interessiert sind.

Für den grössten Teil dieser Arbeit wird der *pluralis auctoris* verwendet, so wird versucht Generalität und Objektivität auszudrücken.

2 Literaturüberblick

2.1 Biodiversität oder biologische Vielfalt

„Biodiversität“ ist kein Modebegriff der letzten Jahre, er wurde schon im Jahr 1992 am Erdgipfel von Rio de Janeiro zum Begriff. Als Synonym wird im deutschen Sprachraum der Begriff „*biologische Vielfalt*“ verwendet. Anlässlich der Konferenz der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung wurde das Übereinkommen über die biologische Vielfalt ausgehandelt. Das Übereinkommen, das die Schweiz 1994 ratifizierte, definiert den Begriff Biodiversität wie folgt:

[...] bedeutet «biologische Vielfalt» die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme; [...]

Die WSL (2008) interpretiert diese Definition von Biodiversität als die Gesamtheit aller Lebensformen und ihre Beziehungen untereinander. Die Biodiversität setzt sich also aus der Artenvielfalt (Anzahl der Arten wie Tiere, Pflanzen, Pilze, Flechten... in einem bestimmten Gebiet), aus der genetischen Vielfalt aller Individuen sowie aus der Vielfalt aller Lebensräume (Seen, Wälder, Wiesen...) und ihrer natürlichen Dynamik zusammen.

Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt definiert als Ziele die Erhaltung der biologischen Vielfalt und die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile. Mit der Ratifizierung im Jahr 1994 hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, die biologische Vielfalt zu erhalten und zu fördern.

2.2 Messung und Bewertung der Biodiversität

WEIMANN et al. (2003) halten die Messung und ökonomische Bewertung der Biodiversität fast für eine *mission impossible*. Die Messung und Bewertung der Biodiversität ist schwierig und problematisch: weil man genau wissen muss was man bewerten will und wie man es möglichst genau quantifizieren kann.

Eine erste Annäherung an die Problematik wäre die Reduktion der Biodiversität auf die Artenvielfalt oder die Variabilität zwischen den Arten. Dort könnten wir schon mit der Verwendung der bekannten Formeln von Shannon & Weaver (LANG & BLASCHKE, 2007) aus

der Ökologielehre die ersten Zahlen berechnen, um eine objektive Messung der Biodiversität vorzunehmen. Aber wir wollen nicht nur die Artenvielfalt, sondern auch die Vielfalt an Lebensräumen und an ihrer natürlichen Dynamik berücksichtigen. Dafür müssen andere Dimensionen, andere Interdependenzen mithilfe weiterer Indikatoren berücksichtigt werden.

VOLK & HAAS (1990) definieren in ihrer Publikation für die Auswahl hochwertiger Biotopflächen für Waldbiotopkartierungen folgenden Kriterienkatalog:

- Naturnähe: als Vergleich zwischen der potenziellen naturnahen Artenzusammensetzung und dem Ist-Zustand.
- Vielfalt: Unter Berücksichtigung der Struktur des Waldes (horizontal und vertikal) sowie der Bodenvegetation.
- Seltenheit und Gefährdung: Unter Berücksichtigung von Funden gefährdeter Pflanzen- und Tierarten sowie seltenen naturnahen Waldgesellschaften.

SCHERZINGER (1997) schlägt in seiner kritischen Auseinandersetzung mit dem Naturschutz im Wald die Anwendung klassischer Naturwaldmerkmale als Bewertungskriterien vor. Zudem sollte die Bewertung als Vergleich zwischen Wald (Ist-Zustand) und Naturwald oder Urwald (potenzielle Ausprägung des Waldes) verstanden werden. Die vorgeschlagenen Bewertungskriterien sind:

- Vielfalt an Tier- und Pflanzarten sowie anthropogene Diversität.
- Naturnähe: Basiert auf der Artenzusammensetzung und Dynamik. Aber auch unter Berücksichtigung der Lebenszyklen des Waldes, Baum-Alter und Totholz sowie der vertikalen und horizontalen Struktur des Waldes, etc.
- Stabilität: Kontinuität in der Waldentwicklung, Elastizität und Gleichgewicht, also die Kapazität Störungen rasch zu überwinden.

BDM (2007) beschreibt die Indikatoren für das Monitoring bzw. die Beobachtung des Zustandes der Biodiversität in der Schweiz. Diese Indikatoren basieren auf der Veränderung und Entwicklung gewisser Merkmale. Nicht alle diese Indikatoren sind für unsere Fragestellung relevant, weil sie die Biodiversität auch ausserhalb des Waldes berücksichtigen. Die relevanten müssen neu interpretiert werden, weil sie die zeitliche Komponente berücksichtigen und dadurch eine Entwicklung aufzeigen. Folgende Indikatoren könnten für unsere Arbeit relevant sein:

- Fläche der wertvollen Biotope und Fläche der Schutzgebiete: Besonders wichtige Flächen für die Erhaltung der Artenvielfalt in der Schweiz wie zum Beispiel Hochmoore, Flachmoore, Auengebiete, etc.

- Fläche der naturüberlassenen Gebiete: Gebiete die als naturnah gelten, die von Menschen kaum beeinflusst werden.
- Jungwaldfläche mit künstlicher Verjüngung: Natürlich verjüngte Waldflächen sind naturnäher als künstlich verjüngte Flächen. Die ersteren wirken sich positiver auf die Biodiversität aus.
- Totholz: Wichtig weil es Nahrung und Lebensraum für viele Lebewesen bietet.
- Landschaftszerschneidung: Wie die Landschaft durch Strassen oder Siedlungen zerschnitten wird.
- Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz, Gefährdungsbilanzen und Bestand bedrohter Arten: Wildlebende Arten je nach Gefährdungskategorie.
- Vielfalt von Artengemeinschaften: Vielfalt der Artengemeinschaften in einer Region oder in der Schweiz.

BURNAND et al. (2007) beschreiben einen ausführlichen Kriterienkatalog für die ökologische Bewertung der Wirtschaftswälder. Im Zusammenhang mit der Biodiversität im Wald sind, von den sieben vorgeschlagenen, diese drei Kriterien mit den entsprechenden Indikatoren von Bedeutung:

- Naturnähe: Das Fehlen menschlicher Einflüsse wird mit diesen Indikatoren gemessen: Menschlicher Störungsdruck, Kontinuität, natürliche Walddynamik, natürliche Baumartenmischung, Alt- und Totholz.
- Vielfalt: Vielfalt im Wald bezüglich Strukturen, Standortbedingungen und Arten wird durch folgende Indikatoren bewertet: Horizontale sowie vertikale Bestandesstruktur, Standortvielfalt, Kleinstrukturen im Bestand, Artenvielfalt der Baumschicht.
- Seltenheit: Vorkommen von regional seltenen Arten und Standortstypen basierend auf folgenden Indikatoren: Seltene Pflanzen, seltene Waldstandorte, gefährdete Tierarten.

2.3 Biodiversität im Wald

Der Schweizer Wald gilt heute laut Webseite des Bundesamtes für Umwelt (BAFU, 2010) als ökologisch vielfältig, nichtsdestotrotz sind vor allem die vorherrschenden Wälder artenarm. Schon im Mittelalter aber auch im 19. Jahrhundert wurden viele Wälder in tieferen Lagen und speziell in Auengebieten gerodet, was zu dieser relativ niedrigen Artenvielfalt geführt hat.

Der Wald hat eine grosse Bedeutung was die Erhaltung der biologischen Vielfalt angeht. Schätzungen der BUWAL & WSL (2005) zufolge, sind 40 Prozent der in der Schweiz lebenden Organismen auf den Lebensraum Wald in irgendeiner Form angewiesen.



Abbildung 2: Wälder sind sehr wichtige Lebensräume für Moose und Schnecken.

Foto: Tuxa Ayús

Den Ergebnissen des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BAFU, 2009) zufolge, spielen Wälder im Bezug auf Biodiversität für Moose und Schnecken eine sehr wichtige Rolle. Lockere Waldbestände weisen zudem einen relativ hohen Artenreichtum an Gefässpflanzen auf.

Der Wirtschaftswald heute ist vorratsreich und dunkel und dadurch artenarm, weil lichtliebende Arten verschwinden. Das BAFU (2010) definiert solche Wälder als naturnah, aber zu wenig dynamisch und diese mangelnde Dynamik wirkt sich negativ auf die Artenvielfalt aus. Urwälder, wie es sie in der Schweiz kaum mehr gibt, weisen eine natürliche Dynamik auf. Diese Dynamik wird durch natürliche Prozesse wie Brände, Stürme oder Überschwemmungen verstärkt, was ökologisch reiche Lebensräume schafft (BAFU, 2010).

Damit diese natürliche Dynamik stattfindet, sollte in diesen Wäldern auf eine wirtschaftliche Nutzung verzichtet werden. So entwickeln sich in solchen Beständen Naturwälder mit hohen Alt- und Totholz mengen, dünnen Ästen und Baumhöhlen. Auf der anderen Seite, um gezielt gefährdete Arten zu fördern, sind forstliche Eingriffe unabdingbar.

2.4 Förderung der Biodiversität im Wald

Für die Förderung der Biodiversität im Wald hat das BAFU vier Programmziele erarbeitet. Der Bund soll in Zusammenarbeit mit den Kantonen dafür sorgen, dass Waldreservate eingerichtet

werden, die Wälder naturnah bewirtschaftet werden, die ökologische Vernetzung verbessert wird und dass gefährdete und ökologisch wertvolle Arten verstärkt gefördert werden (BAFU, 2010).

Tabelle 1: Programmziele für die Förderung der Biodiversität im Wald.

Programmziel		Umsetzungsinstrument
Fläche	Natürliche Entwicklung auf einer angemessenen Fläche zulassen	Totalreservat Alt- und Totholzinsel
Vernetzung	Wald und ökologisch wertvolles Offenland vernetzen	Waldrandelemente Wald entlang Gewässer
Arten	National prioritäre Waldarten gezielt fördern	Teilreservat Baumarten
Spezielles	Ökologisch wertvolle Bewirtschaftungsformen erhalten (Nieder- und Mittelwald, Wytweiden...)	Mittel- und Niederwälder Wytweiden

Quelle: KAWA (2009) ausgearbeitet.

Der Kanton Bern hat sich mit dem Bund verpflichtet bis 2011 unter anderem 1 050 Hektaren Totalreservate, 50 Hektaren Alt- und Totholzinsel sowie 200 Hektaren Teilreservate einzurichten.

Nur die Totalreservate, die Alt- und Totholzinsel (unter Programmziel Fläche) und die Teilreservate (unter Programmziel Arten) werden für diese Arbeit berücksichtigt. Diese Umsetzungsinstrumente werden für 50 respektive 25 Jahre durch Dienstbarkeitsverträge zwischen Kanton und Waldeigentümern rechtlich abgesichert. Weil es sich um langfristige Verträge handelt, ist für die erwähnten Instrumente das Interesse gross eine Methode zu finden, welche die Ermittlung potenzieller Flächen erlaubt.

2.5 Umsetzungsinstrumente und ihre ökologische Bedeutung

2.5.1 Waldreservat

In der vorliegenden Arbeit verwenden wir ständig den Oberbegriff „Waldreservat“ (oder auch „Waldreservatsfläche“). Mit diesem Oberbegriff versuchen wir allgemein und ohne weitere Präzisierung alle möglichen Umsetzungsinstrumente zu umfassen, die der Waldeigentümerin oder dem Waldeigentümer im Kanton Bern als Dienstbarkeit zu Gunsten der Biodiversität zur Verfügung stehen. Wie bereits erklärt ist die Präzisierung dieses Oberbegriffs für die Realisierung dieser Arbeit nicht nötig. Erst wenn es um die Umsetzung im Gelände geht, soll

die verantwortliche Forstfachfrau bzw. -mann nach einer ausführlichen Evaluation im Wald entscheiden, welches Umsetzungsinstrument sich am besten eignet.

Mit dem Oberbegriff „Waldreservat“ sind folgende Umsetzungsinstrumente gemeint: Totalreservat, Alt- und Totholzinseln und Teilreservat.

2.5.2 Total- und Teilreservat

Nach offizieller Definition von KAWA & LANAT (2007) ist unter Totalreservat ein ökologisch besonders wertvolles Waldgebiet zu verstehen, in welchem auf forstliche Eingriffe grundsätzlich verzichtet wird. Ein Totalreservat stellt einen naturnahen Wald dar, in dem die natürliche Entwicklung bewusst wieder zugelassen wird. Totalreservate erweitern den Lebensraum vor allem der alt- und totholzabhängigen Organismen und fördern nicht nur die Biodiversität, sie bereichern auch ästhetisch die Waldlandschaft und ermöglichen den Menschen ein intensives Naturerlebnis. Ausserdem sind sie Referenzwälder für die biologische und waldbauliche Forschung.



Abbildung 3: In einem Totalreservat wird bewusst die natürliche Entwicklung des Waldes zugelassen

Foto: Tuxa Ayús.

Gemäss Definition von KAWA & LANAT (2007) ist unter Teilreservat ein ökologisch besonders wertvolles Waldgebiet zu verstehen, welches zur Erreichung der Ziele (beispielsweise die

Förderung einer gefährdeten Tierart) gepflegt und bewirtschaftet wird. In Teilreservaten wird gezielt eingegriffen, um die biologische Vielfalt oder die strukturelle Vielfalt der Waldbestände zu erhalten und zu fördern. Die waldbaulichen Massnahmen richten sich nach dem Naturschutzziel.

2.5.3 Alt- und Totholzinsel

Als **Alt- und Totholzinseln** gelten, gemäss Definition von KAWA & LANAT (2007), Waldflächen, auf welchen starke Bäume bis zum Zerfall stehen gelassen werden. Sie stellen eine kleine Gruppe biologisch alter Bäume, oder einen kleinen Waldbestand bis 20 Hektaren mit einem überdurchschnittlich hohen Anteil an Altbäumen dar.

Natürliche Baumhöhlen aber auch Schwarzspechthöhlen schaffen Lebensraum in Bäumen für viele Tierarten, die sie als Brut-, Schlaf-, Versteck- und Überwinterungsplatz nutzen. Weitere wichtige Lebensräume alternder Bäume sind rissige, strukturreiche Borken, Astgabeln, morsche Äste oder ausgeprägte Wurzelanläufe. Diese strukturellen Elemente beherbergen eine grosse Anzahl von Insekten, die vielen Vögeln als Nahrungsgrundlage dienen. Lückige Bestände und grosskronige Bäume sind auch besonders wertvoll (KAWA & LANAT, 2007).



Abbildung 4: Das Totholz bietet Lebensraum für viele Organismen

2.6 Analysen und Methoden

Allgemein definieren sowohl STOFFEL (1992) wie auch LANG & BLASCHKE (2007) die GIS-gestützten Bewertungen als transparenter und nachvollziehbarer als andere Bewertungsverfahren. STOFFEL (1992) sieht weitere Vorteile in der Implementierung von GIS-Bewertungsverfahren, zum Beispiel wurden unter anderem folgende Aspekte erwähnt: hohe Qualität der Ergebnisse, breite Anwendungsmöglichkeiten, einfache Übertragbarkeit und einfachere Wiederholung der einzelnen Schritte.

Es gibt keine fixfertigen Methoden, die uns genau erklären, wie man den Biodiversitätswert eines Bestandes messen und ermitteln könnte. Wie bereits im Kapitel 2.2 erwähnt, sind Kriterien und Indikatoren für die Bewertung unentbehrlich. Die Kriterienkataloge sind ähnlich, es gibt je nach Autor aber trotzdem wesentliche Unterschiede, wie man die Ermittlung und Beurteilung der Werte vornehmen soll.

Was die Skalierung angeht, beurteilen VOLK & HAAS (1990) ihre Kriterien in der Waldbiotopbewertung basierend auf einer 5-stufigen Klassifizierung (gemessen in der Regel als Anteil der Fläche) der berücksichtigten Merkmale. Um den gesamten Biotopwert zu ermitteln schlagen sie eine 9-stufige Bewertungsskala vor, in der 9 „sehr hoch“ bedeutet, während 1 der Beurteilung „sehr niedrig“ entspricht. Der Biotopwert wird als die Summe der Werte der Kriterien ermittelt (alle Kriterien haben die gleiche Gewichtung). Das Ergebnis wird zusammengefasst klassifiziert: 7 – 9 Punkte kennzeichnen einen Wald mit höherer Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz; 4 – 6 Punkte charakterisieren einen überdurchschnittlichen Wald während weniger als 4 Punkte einen normalen Wald ergeben.

Analog ist die von BURNAND et al. (2007) vorgeschlagene Methode, in der sie eine 10-stufige Klassifizierung sowohl für die Kriterien wie für die Indikatoren anwenden. Die Bewertung der Kriterien erfolgt durch die Verwendung des arithmetischen Mittels für die einzelnen Werte der Indikatoren.

3 Lösungsansatz, Materialien und Methoden

3.1 Theorieansatz

Kriterien und Indikatoren

Die Kriterien und Indikatoren bilden das Skelet dieser Arbeit.

Um unsere Frage zu beantworten (Welche Gebiete eignen sich am besten für die Errichtung eines Waldreservats?) müssen wir verschiedene Kriterien berücksichtigen, die relevant sind um diese Entscheidung zu treffen. Wir unterscheiden in dieser Arbeit zwischen zwei Arten von Kriterien:

- **Ausschlusskriterien:** Helfen uns in erster Linie um zu entscheiden, welche Wälder gar nicht in Frage kommen. Sie sind wichtige Kriterien, weil sie die detaillierte Beurteilung von Waldeinheiten überflüssig machen können.
- **Bewertungskriterien:** Zeigen uns, welche Merkmale relevant sind und helfen uns den Biodiversitätswert bzw. das Potenzial der Waldeinheiten zu messen. Die Kriterien können aus einem oder mehreren Indikatoren bestehen.

Wie im Kapitel 2 dargestellt, ist das Konzept Biodiversität schwierig zu messen und zu bewerten. Die Indikatoren sollen uns helfen, dieses komplexe Konzept zu quantifizieren. Für diese Arbeit werden wir uns auf die im Kapitel 2.2 erklärten Kriterien und Indikatoren sowie auf die im Kapitel 2.6 erwähnten Bewertungsmethoden stützen.

Geografische Komponente der Indikatoren

Nur wenn wir mithilfe der Geoinformatik diese Indikatoren mit der räumlichen Komponente analysieren, können wir die komplette Information herauslesen. Manchmal können wir sogar aus bestehenden Informationen neue Aussagen ableiten, weil wir die räumlichen Beziehungen integrieren. So wird der ökologische Wert oder der Biodiversitätswert für jede Waldeinheit analysiert und daraus können wir gezielt potenzielle Waldreservatsflächen ermitteln.

Die Voraussetzungen, um diese Methode anzuwenden, sind vorhandene Geodaten, erstens um das Testgebiet abzugrenzen und um die Waldeinheiten auszuscheiden und zweitens um die Indikatoren aufgrund räumlicher Analysen zu quantifizieren.

Die analysierten Geodaten bilden die quantifizierten Indikatoren und somit die Kriterien für die Ausscheidung der Waldflächen für die potenzielle Errichtung von Waldreservaten.

Die Geodaten werden auf einer regionalen Ebene analysiert, das heisst, wir berücksichtigen nur die drei Gemeinden im Testgebiet mit einer von den Waldeinheiten gegebenen Detaillierung.

Bewertungsskala der Indikatoren

Die Geodaten werden nach der Analyse gemäss dem zutreffenden Indikator quantifiziert. Dafür muss eine Skala angewendet werden. Für diese Arbeit lehnen wir uns an die Bewertungsskala von BURNAND et al. (2007) an. Diese Bewertungsskala wurde durch die Autoren in Zusammenarbeit mit einem Fachbeirat von Experten aus Praxis (unabhängige Fachexperten), Verwaltung (BAFU, kantonale Forstverwaltung) und Wissenschaft (ETH, WSL) erstellt.

Für die Indikatoren aus anderen Literaturquellen (vgl. Kapitel 2.2) oder die, die aufgrund der verwendeten Geodaten und räumlichen Analysen nicht gleich wie im BURNAND et al. (2007) bewertet werden können, wird eine ähnliche, angepasste Bewertungsskala verwendet. Diese wird von Fall zu Fall mit einem eigenen Fachbeirat diskutiert und bestimmt (vgl. den Abschnitt „Fachbeirat“).

Bewertung und Zusammenlegung der Kriterien

Wie bereits erklärt, besteht ein Kriterium aus einem oder mehreren Indikatoren. Pro Indikator entsteht als Ergebnis eine Indikatorkarte (vgl. Abbildung 5). Um ein Kriterium zu bewerten ermitteln wir pro Waldeinheit das arithmetische Mittel der erhaltenen Werte der Indikatoren, was am Ende eine aggregierte Kriterienkarte ergibt (vgl. Abbildung 5).

Als Ergebnis legen wir alle Kriterien zu einer einzigen Karte (Potenzialkarte, vgl. Abbildung 5) zusammen. Die einzelnen Kriterien werden nicht gewichtet, das heisst, alle Kriterien weisen die gleiche Gewichtung auf. Da die einzelnen Bewertungsskalen durch Fachexperten entwickelt wurden (im Falle der Indikatoren aus BURNAND et al., 2007) und sonst durch den eigenen Fachbeirat angepasst wurden, ist eine Gewichtung der Kriterien redundant.

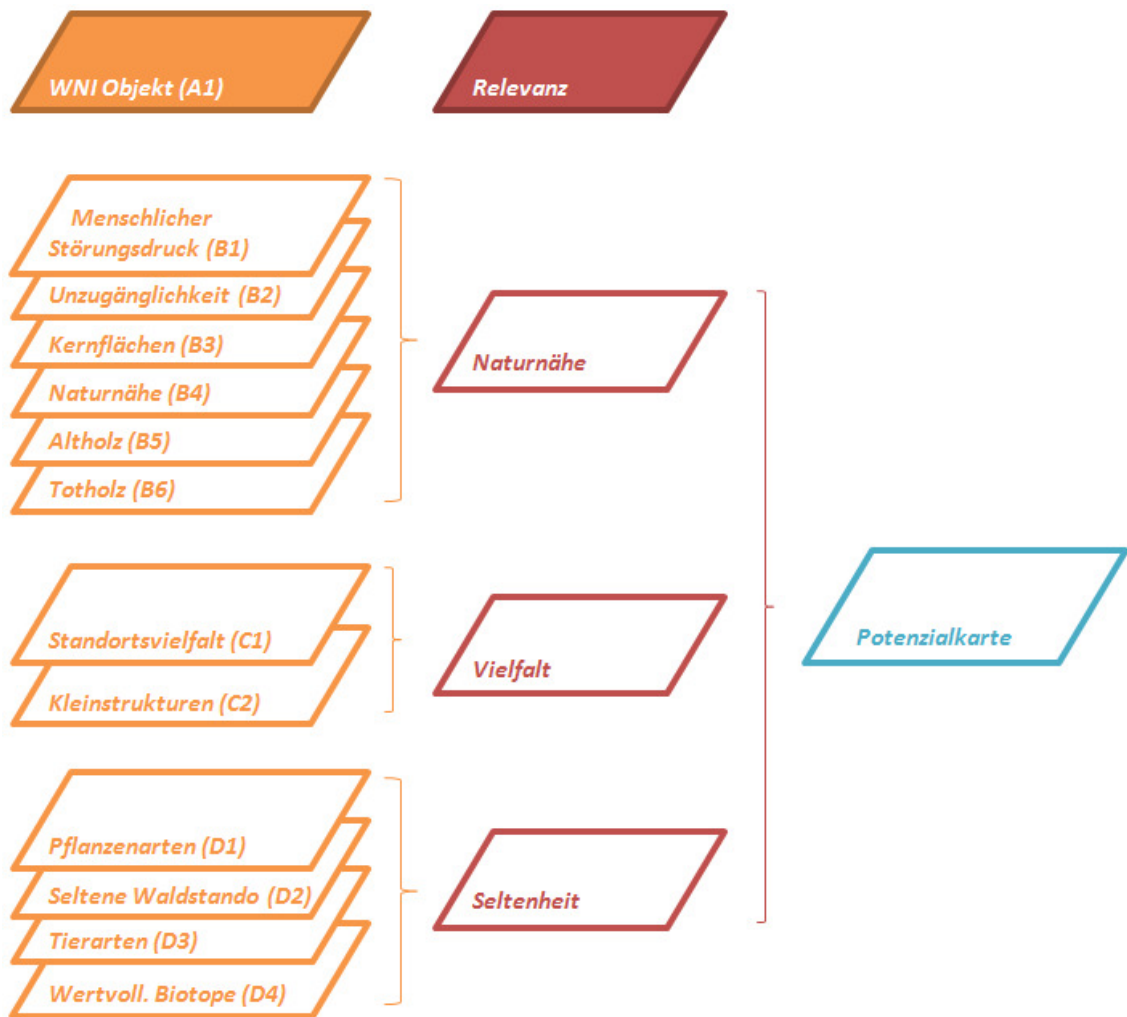


Abbildung 5: Übersicht Indikatorenkarten (orange) der Bewertungskriterien (rot), aggregierte Kriterienkarten und Potenzialkarte (blau).

Fachbeirat

Für die Auswahl und Bewertung von Kriterien und Indikatoren, für die Implementierung und Auswahl der Geodaten und der räumlichen Analysen sowie für die Skalierung der Ergebnisse wurde ein fachlicher Beirat mit einbezogen.

- Experten aus Sicht der Biodiversität: Dr. Erwin Jörg (Abteilung Naturförderung, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern) und Walter Beer (Produktverantwortlicher Biodiversität im Wald, Amt für Wald des Kantons Bern).
- Experte aus Sicht des Wald-Naturschutzinventars: Christof Zahnd (gewichtiger Kartierer und Kenner des Wald-Naturschutzinventars, Büro Pan Bern).

- Experte aus Sicht der Geoinformationssysteme und Geodaten: Michael Sautter (Leiter der GIS-Fachstelle, Amt für Wald des Kantons Bern).
- Experten aus Sicht der Waldplanung: Gerold Knauer (Fachbereichsleiter forstliche Planung, Amt für Wald des Kantons Bern) und Fritz Kupfer (Ortskenner, Stellvertretender Leiter der Waldabteilung Oberland Ost im Amt für Wald des Kantons Bern, Verantwortlicher für die Umsetzung der forstlichen Planung im Testgebiet).

3.2 Methoden

3.2.1 Kriterien und Indikatoren

Die einzige Möglichkeit um die Biodiversität zu messen, verlangt die Berechnung von verschiedenen Indikatoren pro Waldeinheit. Der hier vorgeschlagene Kriterienkatalog hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, er wurde aus der berücksichtigten Literatur (siehe Kapitel 2.2) zusammengestellt und beinhaltet vier Kriterien mit insgesamt 13 Indikatoren.

A Kriterium Relevanz: Für diese Arbeit werden nur die Wälder berücksichtigt die dieses Kriterium erfüllen. Da es sich um ein Ausschlusskriterium handelt, werden alle restlichen Waldflächen in der Beurteilung nicht mit einbezogen. Für dieses Kriterium wird folgender Indikator berechnet:

- **A1 WNI-Einheiten:** Nur die im Wald-Naturschutzinventar aufgenommenen Waldbestände sind für die Studie relevant.

B Kriterium Naturnähe: Die Naturnähe kann als Vergleich zwischen dem Zustand des potenziellen Urwaldes und des Ist-Zustandes dieses Waldes oder auch als die Entwicklung ohne menschliche Einflüsse verstanden werden. Für die Bewertung der Naturnähe wurden folgende Indikatoren berücksichtigt:

- **B1 Menschlicher Störungsdruck:** Beurteilung der direkten Einwirkungen von Waldbesuchenden, welche Fauna und Vegetation stören (BURNAND et al., 2007).
- **B2 Unzugänglichkeit:** Schwer zugängliche Wälder sind in der Regel naturüberlassene Gebiete. Weil die Erreichbarkeit schwieriger ist, ist die anthropogene Auswirkung kleiner und zum Teil werden diese Wälder nicht bewirtschaftet.
- **B3 Kernflächen:** Die Waldeinheiten werden auf die effektiv nutzbare Fläche für Tierarten überprüft (LANG & BLASCHKE, 2007).

- **B4 Naturnähe gemäss WNI:** Für die Beurteilung der Naturnähe werden die Angaben aus dem Wald-Naturschutzinventar verwendet (ZIMMERLI, 1994).
- **B5 Altholz:** Mit diesem Indikator wird nachgeprüft wie viele Bäume mit einem relativ grossen Durchmesser in der Waldeinheit vorhanden sind (BURNAND et al., 2007).
- **B6 Totholz:** Beurteilung der Menge an abgestorbenen, stehenden oder liegenden Bäumen (BURNAND et al., 2007).

C Kriterium Vielfalt: Mit diesem Kriterium soll die Variabilität in Bezug auf die Waldstandorte und auf das Vorhandensein von gewisse Strukturen evaluiert werden.

- **C1 Standortvielfalt:** Berücksichtigt die Anzahl an unterschiedlichen Waldstandorten in einem Bestand.
- **C2 Kleinstrukturen im Bestand:** Beurteilung der Waldeinheit auf das Vorhandensein von wichtigen Elementen für Tiere innerhalb des Waldes (BURNAND et al., 2007).

D Kriterium Seltenheit: Das Kriterium bezieht sich auf das Vorkommen von seltenen, gefährdeten Tier- und Pflanzenarten sowie das Vorhandensein von seltenen Waldstandorten und wertvollen Biotopen.

- **D1 Gefährdete Pflanzenarten:** Die Waldeinheiten werden auf das Vorkommen von seltenen und gefährdeten Pflanzenarten gemäss der Roten Liste für die Schweiz (MOSER et al., 2002) überprüft.
- **D2 Seltene Waldstandorte:** Beurteilung der seltenen Waldstandorte nach Vorkommen in der Region und in der Schweiz gemäss BURNAND et al. (2007).
- **D3 Gefährdete Tierarten:** Beurteilung des Vorkommens gefährdeter Tierarten.
- **D4 Wertvolle Biotope:** Beurteilung des Vorkommens von Biotopen von nationaler Bedeutung innerhalb einer Waldeinheit (BDM & BAFU, 2007).

Die genaue Beschreibung, Berechnung, Skalierung und Bewertung der einzelnen Indikatoren befindet sich im Kapitel 3.6.

Nicht berücksichtigte Indikatoren

Die Qualität und das Vorhandensein von gewissen Geodaten ist der limitierende Faktor, was die Auswahl an Kriterien und Indikatoren angeht. Die Indikatoren müssen oft an die vorhandenen Geodaten angepasst werden. Hier wollen wir auf einige interessante nicht berücksichtigte Indikatoren aufmerksam machen:

- Natürliche Walddynamik oder Kontinuität in der Waldentwicklung: Wälder, die über die Zeit keine grossen Veränderungen erlitten haben und sich ununterbrochen entwickelt haben. Wälder, in denen natürliche walddynamische Prozesse vorhanden sind. Für die Beurteilung sind wir auf forstwirtschaftliche Bestandesdaten (Bestandestypenkarten) angewiesen, in denen klar ersichtlich ist, wo in den letzten Jahrzehnten keine Nutzung stattfand. Solche Geodaten sind für die Wälder des Kantons Bern nicht verfügbar.
- Strukturvielfalt des Waldes sowohl horizontal (*Patchiness*) als auch vertikal (Schichtung des Waldes). Diese Faktoren können aufgrund nicht vorhandener Geodaten nicht in die Arbeit aufgenommen werden: der Kanton Bern verfügt über keine Bestandestypenkarte.
- Die Artenvielfalt der Baumschicht wurde aufgrund einer fehlenden Bestandestypenkarte für die Pilotregion nicht mit einbezogen. Eine andere Datenquelle wäre das Landesforstinventar, dort sind die Daten ungeeignet um treffende Ergebnisse für unsere relativ kleine Pilotregion zu bekommen. Die Auflösung der Daten aus dem Landesforstinventar ist unzureichend, weil sie nur als Kilometerraster vorhanden ist.
- Die Fläche der Wälder mit natürlicher Waldverjüngung kann ohne zutreffende Daten nicht beurteilt werden.
- Landschaftszerschneidung: Wurde indirekt durch die Faktoren menschlicher Störungsdruck, Unzugänglichkeit und Kernflächen berücksichtigt. Die Beurteilung der Waldeinheiten aufgrund des Indikators Landschaftszerschneidung würde ähnliche Ergebnisse liefern wie die erwähnten Indikatoren. Um die mögliche Redundanz zu vermeiden wurde auf diesen Indikator verzichtet.
- Indikatoren die sich mit dem Waldrand und der Vernetzung auseinandersetzen wurden aufgrund der im Kapitel 1.5 dargestellten Abgrenzung dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

3.2.2 Skalierung und Bewertung der Indikatoren, Kriterien und der Potenzialkarte

Ähnlich wie bei BURNAND et al. (2007) und VOLK & HAAS (1990) wird eine Bewertungsskala zwischen 0 und 9 angewendet. Und ähnlich wie bei den erwähnten Autoren, wird die Skala für die Beurteilung variieren je nachdem ob wir die Kriterien oder die Indikatoren bewerten (vgl. Tabelle 2). Die Beurteilung der Kriterien basiert auf durchschnittlichen Werten der jeweiligen Indikatoren und deshalb ist eine Nivellierung der Bewertungen nötig, da die Punktzahl der Kriterien tiefer sein wird als die der Indikatoren. Deshalb wird schon ab einer tieferen Punktzahl eine höhere Bewertung gegeben (beispielsweise erhalten die Kriterien schon ab 6 Punkte die Beurteilung sehr gut / sehr hoch).

Um das Potenzial zu bewerten und die Karte zu klassifizieren wird, wie für die Kriterien, eine angepasste Bewertungsskala angewendet (vgl. Tabelle 2). Diese Entscheidung basiert auf demselben Grund wie die Nivellierung bei der Bewertung der Kriterien.

Tabelle 2: Bewertungstabelle der Indikatoren, Kriterien und des Potenzials

Punktzahl	Bewertung Indikatoren	Bewertung Kriterien	Bewertung Potenzial
0	kritisch / sehr gering	kritisch / sehr gering	durchschnittlich
1			
2	ungenügend / gering	ungenügend / gering	
3	genügend / mittel	genügend / mittel	überdurchschnittlich
4		gut / hoch	
5	gut / hoch	sehr gut / sehr hoch	
6	sehr gut / sehr hoch		
7		sehr gut / sehr hoch	
8	sehr gut / sehr hoch		
9			

3.2.3 Gewichtung der Kriterien

Auf die Gewichtung der Kriterien und/oder der Indikatoren wurde bewusst verzichtet. Um die einzelnen Indikatoren zu bewerten, ist eine Skalierung vorhanden. In dieser Skalierung ist immer eine Gewichtung implizit, weil jedes Mal ein Merkmal wie zum Beispiel ein Flächenanteil als ein Anzahl Punkte übersetzt wird. Wenn wir die Kriterien als arithmetisches Mittel der dazu gehörigen Indikatoren berechnen, sind die Ergebnisse der Kriterien auf eine Art gewichtet. Diese implizite Gewichtung wird auf die Potenzialkarte übertragen wenn wir sie als arithmetisches Mittel der Kriterien berechnen. Deshalb wäre eine zweite Gewichtung redundant.

3.3 Werkzeuge

Hardware:

- Intel® Pentium® M processor 1.73 GHz, 0.99 GB RAM.

Software:

- Windows XP Professional (2002) SP3
- Microsoft Office 2007: Word, Excel und Access.
- ESRI® ArcMap™ 9.2: ArcView, Spatial Analyst, Model Builder.

Für die räumlichen Analysen wurden die Werke von MITCHELL (1999), BILL (1999) sowie die zwei Ausgaben von LIEBIG & MUMMENTHEY (2005) beigezogen.

3.4 Testgebiet

Das Testgebiet umfasst eine Fläche von knapp 95 Quadratkilometer und ist zu 46 % der Fläche bewaldet (vgl. Tabelle 3). Es umfasst die Gemeinden Beatenberg, Unterseen und Habkern im Berner Oberland und es deckt sich vollständig mit der Fläche des Regionalen Waldplanes Beatenberg – Habkern – Unterseen. Die Region zählt im Moment der Verfassung dieser Arbeit knapp 7300 Einwohnerinnen und Einwohner.

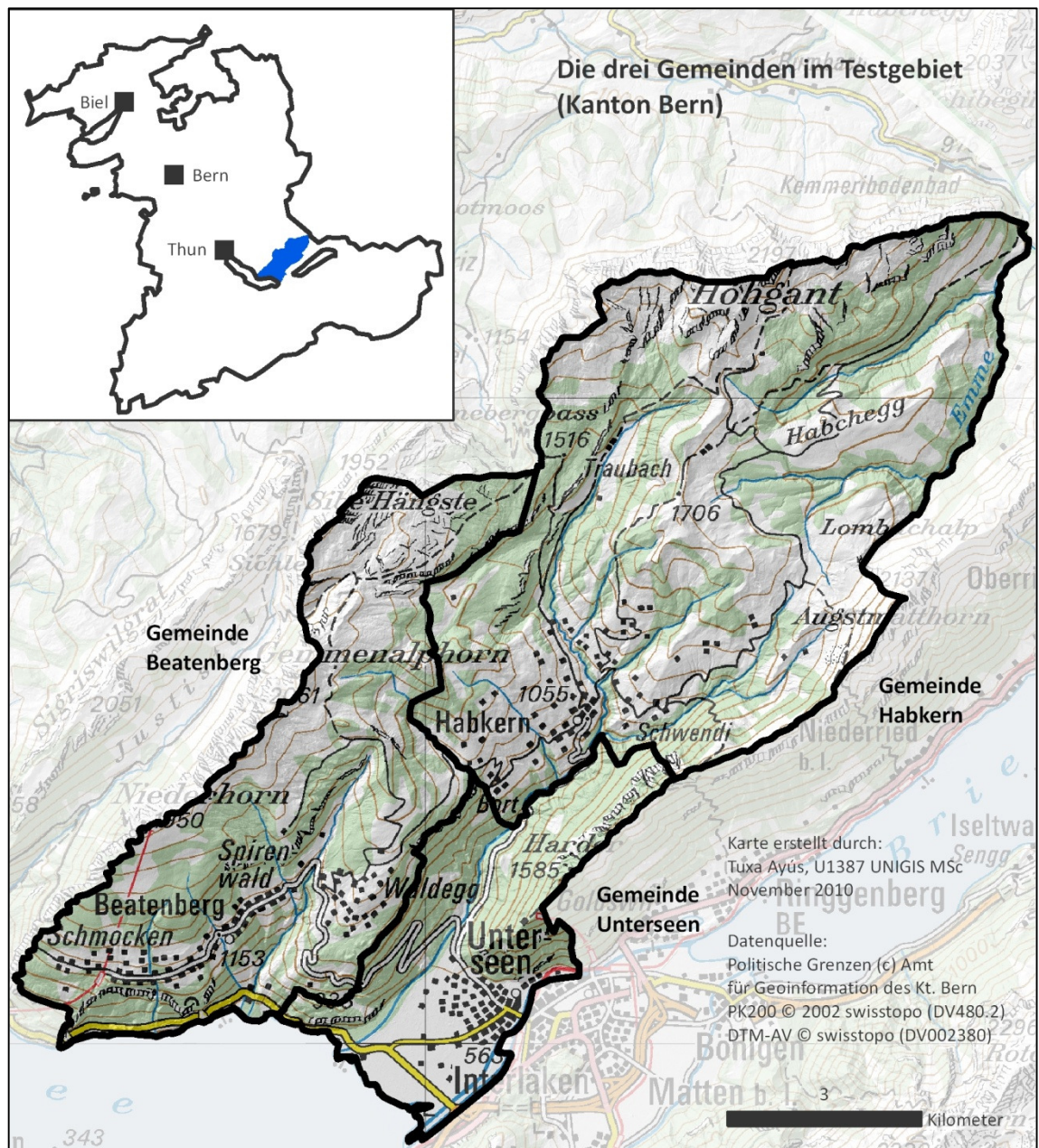


Abbildung 6: Übersicht der drei Gemeinden im Testgebiet

Ein grosser Teil der Fläche der Region hat eine wichtige Funktion für den Naturschutz, dies wird durch die Aufnahme von vielen Landschaftsteilen in mehreren Inventaren und durch verschiedene Naturschutzmassnahmen belegt. Besonders erwähnenswert sind:

- Das Smaragdgebiet vom Habkern / Sörenberg.
- Objekte von nationaler Bedeutung: 21 Objekte im Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore sowie 32 Objekte im Bundesinventar der Flachmoore und zusätzlich zwei Auengebiete.

- Gebiete und Objekte von kantonaler Bedeutung: 15 Naturschutzgebiete, das Pflanzenschutzgebiet des Niederhorns, 32 Objekte im kantonalen Inventar der Feuchtgebiete sowie 48 Objekte im Inventar der Trockenstandorte.

Das Vorkommen von seltenen Vogelarten und Reptilien wurde im regionalen Waldplan des KAWA (2008) dokumentiert.

Die Region ist auch für den Tourismus wichtig. Freizeitaktivitäten wie Wandern, Mountain Bike, Pilzsammeln, Paragliding, Orientierungslauf und Schneesport werden in der Region verbreitet betrieben.

Geologisch ist das Gebiet nicht weniger interessant. Am Nordrand beherbergt die Hohgant-Region eines der wichtigsten Karsthöhlensysteme der Schweiz.



Abbildung 7: Dälewald-Chüematte, Gemeinde Beatenberg

Foto: Tuxa Ayús



Abbildung 8: Das Pflanzenschutzgebiet des Niederhorns (Beatenberg)

Foto: Tuxa Ayús



Abbildung 9: WNI-Objekt bestehend aus lückigem Wald in der Gemeinde Habkern

Foto: Tuxa Ayús



Abbildung 10 Totholz in einem Moorgebiet der Gemeinde Habkern

Foto: Tuxa Ayús



Abbildung 11: Orchidee im Hochmoor, Gemeinde Habkern

Foto: Tuxa Ayús



Abbildung 12: Fleischfressende Pflanze in einem Hochmoorgebiet in der Gemeinde Habkern

Foto: Tuxa Ayús

Tabelle 3: Übersicht der Flächenstatistik für das Testgebiet

	Fläche (ha)	% der Pilotregion
Pilotregion	9 416	100
Wald (gemäss 3.5.13 Vec25 Primärflächen)	4 287	46
WNI-Objekte (gemäss 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar)	2 623	28

Das Gebiet könnte als nicht repräsentativ betrachtet und deshalb für wenig geeignet gehalten werden, weil wir eine für die Biodiversität sehr wichtige Region als Testgebiet für unsere Studie gewählt haben.

Oft passiert es, dass sich für eine solche besonders reichhaltige Region eine Art Blindheit entwickelt. Wenn fast alles schützenswert ist, kann man plötzlich nur noch schwierig Prioritäten setzen. Das ist zum Beispiel im regionalen Waldplan spürbar (KAWA, 2008). Aus diesem Grund ist es spannend zu testen, ob die in der Arbeit angewandte Methode diese Schwierigkeit überwinden kann. Gerade für solche Fälle sind objektive, unabhängige Entscheidungsgrundlagen sehr wichtig. Aus diesem Grund wurde, trotz gewissen Bedenken am Anfang doch bewusst diese spannende Region als Testgebiet ausgewählt.

3.5 Verwendete Geodaten

Die Grundlagendaten werden zuerst auf Vollständigkeit (geographisch flächendeckend, Attribute und Metadaten), Korrektheit und Konsistenz geprüft. In diesem Kapitel werden nur die Geodaten beschrieben, die nach der Prüfung als geeignet empfunden wurden und deshalb für die Arbeit relevant sind.

Die Zusammenfassung der verwendeten Geodaten ist in der Tabelle 4 ersichtlich, anschliessend befindet sich eine genauere Beschreibung der Geodaten. Die folgenden Informationen sollen helfen die im Kapitel 3.6 erklärten Prozesse zu verstehen.

Tabelle 4: Allgemeine Klassifikation der verwendeten Geodaten nach ihrer Wirkung

	Fachdaten	Allgemeine Daten
Positive Wirkung	3.5.1. Wald-Naturschutzinventar 3.5.2. Gefährdete Pflanzenarten 3.5.3. Gefährdete Tierarten (inkl. Vogelarten) 3.5.4. Naturschutzgebiete des Kantons Bern 3.5.5. Geschützte botanische Objekte 3.5.6. Feuchtgebiete 3.5.7. Hochmoor 3.5.8. Flachmoor 3.5.9. Auengebiete 3.5.10. Trockenstandorte 3.5.11. Trockenwiesen und –weiden 3.5.12. Ereigniskataster (Rutschung)	3.5.13. Vector25 Primärflächen (Fels, Geröll, Steinbruch) und Einzelobjekte (Doline) 3.5.14. Gewässernetz 3.5.15. AVR Bodenbedeckung (Wasserbecken, Stehendes Gewässer, Fliessendes Gewässer, Fels, Geröll) 3.5.15. AVR Einzelobjekte (Mauer, Brunnen, einzelner Fels)
Neutrale Wirkung		3.5.13. Vec25 Primärflächen (Wald) 3.5.16. Digitales Geländemodell 2 m 3.5.17. Politische Grenzen (Kantons- und Gemeindegrenzen)
Negative Wirkung		3.5.13. Vector25 (Gebäude, Strassen, Eisenbahn und übriger Verkehr) 3.5.15. AVR Bodenbedeckung (Abbau, Deponie) 3.5.18. Wanderroutennetz

3.5.1 Wald-Naturschutzinventar (WNI)

Grundlage: Wald-Naturschutzinventar des Kantons Bern © Naturschutzinspektorat des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern, zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit waren die Daten nicht flächendeckend vorhanden. Die digitale Erfassung der Daten wird laufend gemeindeweise vorgenommen. Für die Gemeinden der Pilotregion (Beatenberg, Unterseen und Habkern) waren alle Daten vorhanden.

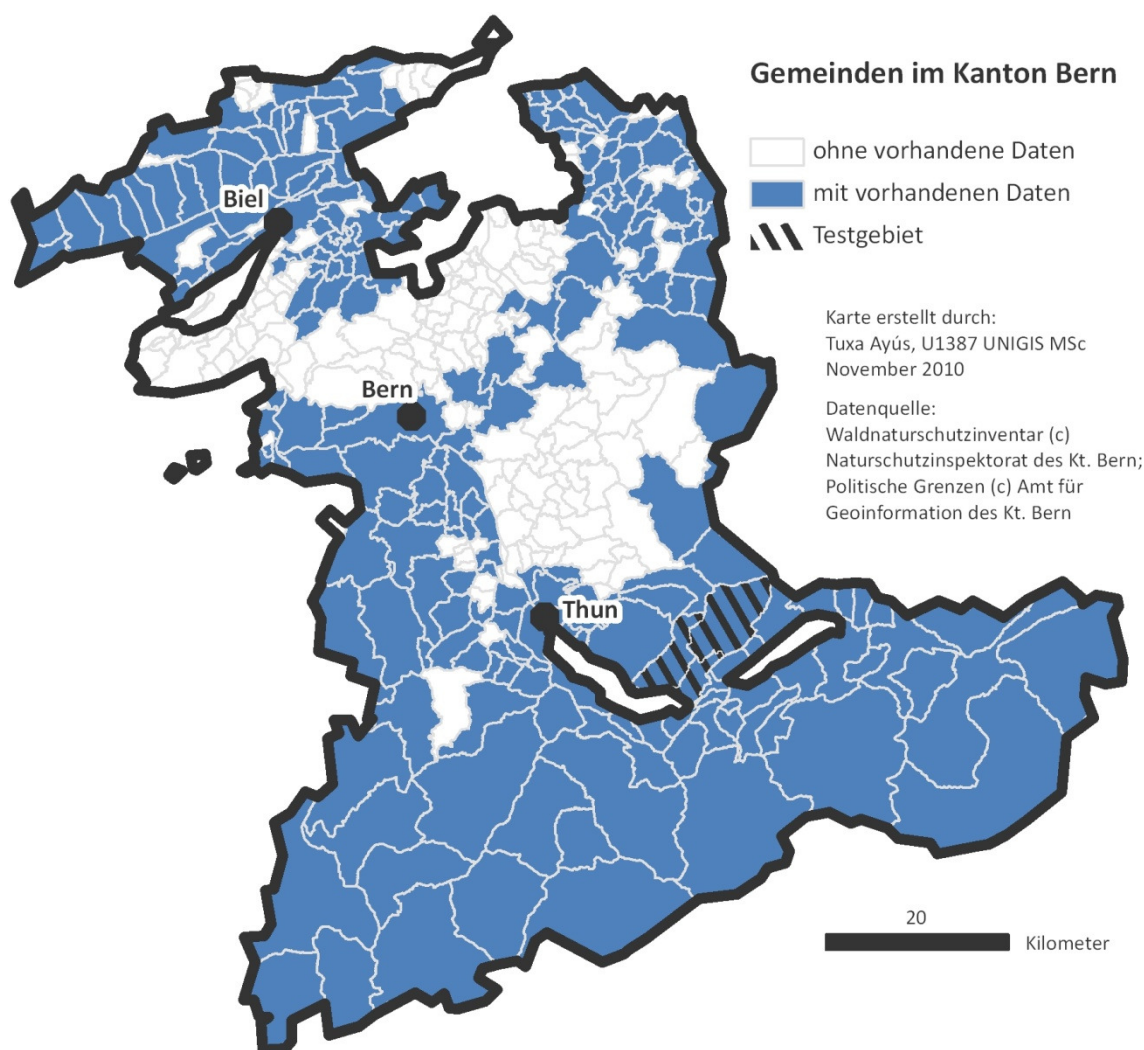


Abbildung 13 Übersicht über die vorhandenen WNI-Daten im Kanton Bern.

Stand: Die Gemeinden Habkern und Unterseen wurden 1995 und 2002 kartiert. Die Gemeinde Beatenberg wurde 1994, 1995, 2002 und 2003 kartiert.

Inhalt: Das Ziel des Naturschutz-Inventares ist die systematische Erfassung der besonders wertvollen Waldflächen (ZIMMERLI, 1994). Deshalb müssen weitgehend intakte, strukturreiche Wald-Ökosysteme erfasst werden. Für die Aufnahme von Wäldern in das Inventar werden gemäss NSI (2006) folgende Faktoren berücksichtigt:

- Vielfalt der Standorte: Vorkommen besonderer, seltener und gefährdeter Waldgesellschaften.
- Strukturvielfalt: Bewegtes Relief, Stufigkeit, lückige Oberschicht, mehrere Baumschichten, Vielfalt an Kleinstrukturen, usw.
- Natürlichkeit: Naturnähe der Bestockung, Baumarten, usw.
- Reifegrad: Alter, Zeitspanne ungestörter Entwicklung, Baumriesen, Totholz.
- Vorkommen seltener und gefährdeter Arten.

Diese Faktoren werden dann in vier Kriterien zusammengefasst. In unserem Testgebiet wurden die meisten WNI-Objekte primär mit dem Kriterium „Seltene Waldgesellschaften“ aufgenommen, in ein paar Fällen war auch das Kriterium „Besondere Waldstrukturen“ für die Aufnahme massgebend.

Die Daten des Waldnaturschutz-Inventares stehen primär als Papierformulare und Papierberichte zur Verfügung. Für einige Gemeinden sind die Angaben der Formulare in einer Datenbank vorhanden. Parallel dazu sind die einzelnen WNI-Objekte geometrisch vorhanden, den multipart Polygon-Datensatz kann man über die eindeutige WNI-Nummer mit den Daten aus den Tabellen der WNI-Datenbank verbinden. Um die Daten für unsere Analysen zu verwenden wurden immer zuerst Tabellenexporte durchgeführt die dann einfacher und ressourcenschonender mit dem Polygon-Datensatz verbunden wurden.

Die Datenbank beinhaltet folgende für unsere Arbeit wichtige Daten:

- Seltene Waldgesellschaften: Für die zutreffenden WNI-Objekte wird die Fläche der jeweiligen seltenen Waldgesellschaften-Gruppe in groben Grössenklassen geschätzt. Wir wissen, welche seltenen Waldgesellschaften-Gruppen in welchem WNI-Objekt vorhanden sind, aber wir wissen nicht, wo genau sich diese Waldgesellschaft innerhalb des WNI-Objekts befindet. Pro WNI-Objekt können mehrere seltene Waldgesellschaften-Gruppen vorhanden sein. Wir können auch nicht genau wissen, wie gross die Fläche für jede seltene Waldgesellschaften-Gruppe ist, wir kennen nur eine geschätzte Grössenklasse. Seltene Waldgesellschaften-Gruppen sind beispielsweise Edellaubmischwälder (22-26), Föhrenwälder (61-71), usw. Die Übersicht der berücksichtigten seltenen Waldgesellschaften-Gruppen ist aus ZIMMERLI (1994) zu entnehmen.
- Naturnähe: Für das WNI-Objekt, welches durch das Kriterium seltene Waldgesellschaften aufgenommen wurde, wird eine Annäherung an die Naturnähe als Prozentsatz angegeben. Für die durch das Kriterium „Besondere Waldstrukturen“

aufgenommenen WNI-Objekte wird keine Angabe gemacht, aber man kann davon ausgehen, dass die Naturnähe mindestens 90 % beträgt (ZIMMERLI, 1994).

- Altholz: Pro WNI-Objekt wird eine Schätzung angegeben, wie viele Bäume pro Hektar einen Brusthöhendurchmesser von über 50 cm haben.
- Totholz: Pro WNI-Objekt wird eine Schätzung angegeben, wie viele tote Bäume pro Hektar vorhanden sind. Es wird zwischen stehendem oder liegendem Totholz sowie dem Brusthöhendurchmesser grösser als 20 oder 50 cm unterschieden.
- Vorkommen besonderer Arten: Wird als Ergänzung systematisch angegeben, ob besondere Pflanzenarten oder besondere Vogel-, Wirbellose-, Säugetier-, Reptilien- und Amphibienarten in diesem WNI-Objekt direkt beobachtet wurden. Zum Teil wird diese Angabe aus anderen Quellen (lokale Kenner oder Literatur) bezogen.
- Vorkommen besonderer Elemente: Wird als Ergänzung und deshalb nicht immer systematisch angegeben, ob besondere Elemente wie Tümpel, Gräben, Quellen, Felswände, Höhlen, Mauern, Lichtungen, etc. im WNI-Objekt vorhanden sind.
- Unzugänglicher Wald: Für jedes WNI-Objekt wird der Anteil der Fläche an unzugänglichem Wald als Prozentsatz in groben Grössenklassen angegeben.

Der Polygon-Datensatz beinhaltet folgende, für unsere Arbeit wichtige Daten:

- Geometrie der WNI-Objekte: Die Objekte sind als multipart Polygone gespeichert. Die Angaben der Datenbank beziehen sich deshalb auf die gesamte Fläche des Objekts oder der Objekte mit der gleichen eindeutigen WNI-Nummer.

Verwendung: Die tabellarischen Daten werden zusammen mit den Polygondaten für die Berechnung folgender Indikatoren verwendet: B2 Unzugänglichkeit, B4 Naturnähe gemäss WNI, B5 Altholz, B6 Totholz, C1 Standortvielfalt, C2 Kleinstrukturen im Bestand, D1 Gefährdete Pflanzenarten, D2 Seltene Waldstandorte, D3 Gefährdete Tierarten. Die Polygondaten werden für alle Indikatoren berücksichtigt.

Relevanz der Daten für die Studie: Das Wald-Naturschutzinventar weist auf wertvolle, naturnahe, strukturreiche und wichtige Wälder aus Sicht der Biodiversität im Kanton Bern hin.

3.5.2 Gefährdete Pflanzenarten

Grundlage: ZDSF, Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora.

Geografische Ausdehnung: Die drei Gemeinden des Testgebiets.

Stand: Der Auszug aus der Datenbank stammt vom Juni 2010. Auch wenn einige Kartierungen bis ins Jahr 1819 zurück gehen, stammen die meisten Daten aus den letzten 10 Jahren.

Inhalt: Koordinaten der Artenvorkommen mit Angaben zur Familie, Gattung und Art sowie dem Gefährdungsstatus in der Schweiz für die Region Alpennordseite 1 gemäss der Roten Liste MOSER et al. (2002). Für diese Arbeit werden nur Beobachtungen ab und mit dem Jahr 1990 berücksichtigt.

Verwendung: Beurteilung des Vorkommens seltener und gefährdeter Pflanzenarten, Indikator D1 Gefährdete Pflanzenarten.

Relevanz der Daten für die Studie: Das Vorkommen seltener gefährdeter Pflanzenarten zeigt wie wichtig diese Zone für die Verbreitung und Förderung der kartierten Pflanzenarten sein kann.

3.5.3 Gefährdete Tierarten

Grundlagen: CSCF, Centre Suisse de Cartographie de la Faune und die Schweizerische Vogelwarte Sempach.

Geografische Ausdehnung: Die drei Gemeinden des Testgebiets.

Stand: Der Auszug aus der Datenbank stammt vom Juni 2010. Auch wenn einige Beobachtungen bis ins Jahr 1901 zurück gehen, stammen die meisten Daten aus den letzten 10 Jahren. Die Vogelartendaten verfügen nicht über das Jahr der Beobachtung.

Inhalt: Koordinaten der Artenvorkommen mit Angaben zur Familie, Gattung und Art sowie dem Gefährdungsstatus gemäss jeweiliger Roten Liste in der Schweiz. Für diese Studie werden nur die Vorkommen ab und mit dem Jahr 1990 berücksichtigt. Die Vogelartendaten beinhalten nur die Koordinaten und den Gefährdungsstatus.

Verwendung: Beurteilung des Vorkommens seltener und gefährdeter Tierarten, Indikator D3 Gefährdete Tierarten.

Relevanz der Daten für die Studie: Das Vorkommen seltener gefährdeter Tierarten zeigt wie wichtig diese Region für die potenzielle Verbreitung und Förderung dieser Arten sein kann.

3.5.4 Naturschutzgebiete des Kantons Bern

Grundlage: Naturschutzgebiete des Kantons Bern © Naturschutzinspektorat des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2009

Inhalt: Schutzgebiete des Kantons Bern, die rechtlich mit einem Regierungsratsbeschluss oder einer Verfügung der ehemaligen Forstdirektion abgesichert sind.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Die Naturschutzgebiete sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.5 Geschützte botanische Objekte

Grundlage: Geschützte botanische Objekte © Naturschutzinspektorat des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2008

Inhalt: Geschützte botanische Naturdenkmäler wie Einzelbäume, Alleen, Feldgehölze, Parkbestände und kleinere Pflanzenschutzgebiete.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Die geschützten botanischen Objekte sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.6 Feuchtgebiete des Kantons Bern

Grundlage: Feuchtgebiete des Kantons Bern © Naturschutzinspektorat des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2010

Inhalt: Kantonales Inventar der Feuchtgebiete von regionaler und nationaler Bedeutung.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Feuchtgebiete sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.7 Hochmoore

Grundlage: Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung © BAFU

Geografische Ausdehnung: Ganze Schweiz

Stand: 2009

Inhalt: Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung. Es beinhaltet zusammenhängende Hochmoorflächen.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Hochmoorgebiete sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.8 Flachmoore

Grundlage: Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung © BAFU

Geografische Ausdehnung: Ganze Schweiz

Stand: 2007

Inhalt: Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung. Es enthält Flachmoore mit einer Mindestfläche von einem Hektar.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Flachmoorgebiete sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.9 Auengebiete

Grundlage: Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung © BFS
GEOSTAT/BUWAL

Geografische Ausdehnung: Ganze Schweiz

Stand: 2007

Inhalt: Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Auengebiete an natürlichen oder naturnahen Gewässern sowie an korrigierten Gewässern.

Verwendung: Beurteilung folgender Indikatoren: C2 Kleinstrukturen im Bestand und D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Auengebiete sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.10 Trockenstandorte

Grundlage: Trockenstandorte des Kantons Bern © Naturschutzinspektorat des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2008

Inhalt: Kantonales Inventar der Trockenstandorte von regionaler Bedeutung.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotope.

Relevanz der Daten für die Studie: Trockenstandorte sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wichtig.

3.5.11 Trockenwiesen und -weiden

Grundlage: Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung © Bundesamt für Umwelt BAFU

Geografische Ausdehnung: Ganze Schweiz

Stand: 2010

Inhalt: Gesamtschweizerische Übersicht über die Trockenwiesen und –weiden von nationaler Bedeutung.

Verwendung: Beurteilung Indikator D4 Wertvolle Biotop.

Relevanz der Daten für die Studie: Viele Pflanze- und Tierarten der nationalen Roten Listen sind auf solche trockenen Standorte angewiesen.

3.5.12 Ereigniskataster

Grundlage: Kataster der Naturgefahrenereignissen © Abteilung Naturgefahren, Amt für Wald des Kantons Bern.

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2010

Inhalt: Durch verschiedene Naturgefahrenereignisse betroffene Flächen im Kanton Bern. Für unsere Arbeit werden nur Bodenrutschungen ab und mit dem Jahr 1990 berücksichtigt.

Verwendung: Beurteilung Indikator C2 Kleinstrukturen im Bestand.

Relevanz der Daten für die Studie: Rutschungen hinterlassen interessante Strukturen für viele Tierarten sowie besonders interessante freie Flächen für viele Pionierpflanzenarten.

3.5.13 Vector25

Grundlage: Vector25 © swisstopo (DV012391)

Geografische Ausdehnung: Ganze Schweiz und angrenzendes Ausland.

Stand: 2008

Inhalt: Digitales Landschaftsmodell der Schweiz. Es beinhaltet unter anderem folgende für unsere Arbeit interessanten Objekte:

- Strassennetz (Autobahn, Strassen der 1. bis 6. Klasse, Quartierstrassen, Fussweg, Hauptstrasse, Nebenstrassen).

- Eisenbahnnetz.
- Übriger Verkehr (Skilifte, Luftseilbahnen).
- Einzelobjekte (Dolinen).
- Primärflächen (Fels, Geröll, Kiesgrube, Lehmgrube, Steinbruch, Wald).
- Anlagen und Gebäude (Gebäude, Einzelhaus, Hütte, Kirche, Schiessstand).

Verwendung: Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz wurde für die Berechnung folgender Indikatoren verwendet: B1 Menschlicher Störungsdruck, C2 Kleinstrukturen im Bestand. Es wurde auch für die Darstellung der Waldfläche verwendet.

Relevanz der Daten für die Studie: Dieser Datensatz beinhaltet viele Quellen von menschlichen Störungen wie Strassen oder Gebäude aber auch Strukturen die für Tierarten besonders interessant sind.

3.5.14 Gewässernetz

Grundlage: Gewässernetz 1:5'000 © Amt für Geoinformation des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2010

Inhalt: Gewässernetz des Kantons Bern.

Verwendung: Berechnung Indikator C2 Kleinstrukturen im Bestand.

Relevanz der Daten für die Studie: Flüsse und Flussufer sind für die Fauna unter anderem wichtige Versteck-, Nahrungs- und Nistplätze.

3.5.15 AVR: Reduzierte Daten der amtlichen Vermessung

Grundlage: Amtliche Vermessung Reduziert (AVR) © Amt für Geoinformation des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern, der Stand der Ausführung ist im Moment der Erfassung dieser Arbeit für den ganzen Kanton nicht flächendeckend. Mehr als 70% unseres

Testgebiets befindet sich in unvermessenem Gebiet. Deshalb sind die Daten nur für einige Teile der drei Gemeinden vorhanden.

Stand: 2010

Inhalt: Die AVR enthält die genauesten, verfügbaren Daten über Grund und Boden des Kantons Bern. Für die Arbeit sind vor allem folgende Objekte wichtig:

- Bodenbedeckung (Abbau, Deponie, Fels, Geröll, Wasserbecken, stehendes Gewässer, fließendes Gewässer).
- Einzelobjekte (Fels, Mauer, Brunnen, Quelle).

Verwendung: Die Daten wurden für die Berechnung folgender Indikatoren verwendet: B1 Menschlicher Störungsdruck und C2 Kleinstrukturen im Bestand.

Relevanz der Daten für die Studie: Viele der Objekte (Mauer, Brunnen, Fels, etc.) sind wichtige Strukturen für Tiere. Abbauflächen und Deponien repräsentieren Quellen des menschlichen Störungsdrucks in einer Region.

3.5.16 Digitales Geländemodell 2m

Grundlage: DTM-AV © swisstopo (DV002380)

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2000

Inhalt: Das digitale Terrainmodell der Amtlichen Vermessung repräsentiert die rohe Topografie der Erdoberfläche, die Auflösung beträgt 2 m. Anhand dieser Rohdaten wurde die Hangneigung des Geländes generiert.

Verwendung: Die Neigung des Geländes wurde für die Berechnung folgender Indikatoren verwendet: B2 Unzugänglichkeit und C2 Kleinstrukturen im Bestand. Die Schattierung der Oberfläche wird auch für Darstellungszwecke verwendet.

Relevanz der Daten für die Studie: Die Neigung eines Gebietes definiert die Zugänglichkeit eines Gebietes.

3.5.17 Politische Grenzen

Grundlage: Politische Grenzen des Kantons Bern © Amt für Geoinformation des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2009

Inhalt: Politische Grenzen des Kantons Bern. Für die Arbeit sind vor allem die Gemeindegrenzen wichtig. Da sich unser Testgebiet genau mit drei Gemeinden deckt, werden sie als Begrenzung genommen.

Verwendung: Für die Berechnung folgender Indikatoren: B1 Menschlicher Störungsdruck, C2 Kleinstrukturen im Bestand, D4 Wertvolle Biotope. Die Gemeindegrenzen werden für die lagebezogene Auswahl von Daten verwendet, so wird die Ausdehnung für andere Geodaten definiert. Die Kantons- und Gemeindegrenzen werden auch zu Darstellungszwecken verwendet.

Relevanz der Daten für die Studie: Die Gemeindegrenzen von Beatenberg, Habkern und Unterseen definieren unser Testgebiet.

3.5.18 Wanderroutennetz

Grundlage: Wanderroutennetz des Kantons Bern © Tiefbauamt des Kantons Bern

Geografische Ausdehnung: Kanton Bern

Stand: 2010

Inhalt: Aktueller Verlauf des Wanderroutennetzes im Kanton Bern.

Verwendung: Berechnung Indikator B1 Menschlicher Störungsdruck.

Relevanz der Daten für die Studie: Entlang und in der Nähe des Wanderroutennetzes ist ein höherer Störungsfaktor für die Fauna und Flora zu erwarten.

3.6 Implementierung (Werkzeug, Testgebiet/-datensatz)

Aus dem Kapitel 3.2.1 hat sich folgender Kriterienkatalog ergeben.

In diesem Kapitel werden wir die Geodaten mit der Pilotregion und mit den im Kapitel 3.2.1 erwähnten Methoden implementieren.

Tabelle 5: Übersicht über die Kriterien und Indikatoren

Kriterien	Indikatoren
A Relevanz	A1 WNI-Einheiten
B Naturnähe	B1 Menschlicher Störungsdruck B2 Unzugänglichkeit B3 Kernflächen B4 Naturnähe gemäss WNI B5 Altholz B6 Totholz
C Vielfalt	C1 Standortvielfalt C2 Kleinstrukturen im Bestand
D Seltenheit	D1 Gefährdete Pflanzenarten D2 Seltene Waldstandorte D3 Gefährdete Tierarten D4 Wertvolle Biotope

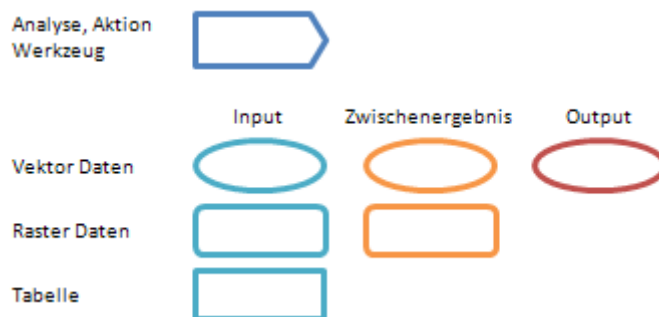


Abbildung 14: Legende der nachfolgenden Analyseschemata

3.6.1 A1 WNI-Einheiten

Beschreibung: Nur die im Wald-Naturschutzinventar aufgenommenen Waldbestände sind für die Studie relevant. Diese Wälder wurden nach folgenden Kriterien ausgeschieden: Vielfalt der Standorte, Strukturvielfalt, Natürlichkeit, Reifegrad, Grösse und Störungsarmut. Eine ausführliche Beschreibung befindet sich im Kapitel 3.5.1. Die WNI-Objekte als Geometrien bilden auch die Waldeinheiten für diese Arbeit.

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie)

Analyse: Attributauswahl, nur die als WNI-Objekte ausgeschiedenen Waldflächen der Pilotregion werden berücksichtigt.



Abbildung 15: Analyseschema Indikator A1 WNI-Einheiten

Bewertung: Wenn eine Waldfläche als WNI-Objekt vorhanden ist wird dieses für die Beurteilung verwendet, weitere Waldflächen werden nicht berücksichtigt.

Die Basis für die folgenden Analysen und Berechnungen aller Indikatoren bilden aus diesem Grund die WNI-Objekte. Wenn wir diese Einheiten mit dem Wald (3.5.13 Vec25 Primärflächen, Wald, in der Abbildung 16 als „Übrige Waldfläche“ repräsentiert) vergleichen gibt es Lücken innerhalb der WNI-Objekte. Die Waldfläche aus dem Vector25 entspricht nicht genau der Ausscheidung der Waldfläche nach Waldgesetz, weil die wenig bis nichtbestockten Waldflächen im Vector25 als „nicht Wald“ gelten. Solche aufgelösten Bestockungen sind für die Biodiversität und auch für unsere Arbeit wichtig, deshalb kann für unseren Verwendungszweck diese systematische Abweichung nicht im Kauf genommen werden. Aus diesem Grund wird die Waldfläche aus dem Vector25 nur für Darstellungszwecke und für die Berechnung von Richtflächenstatistiken verwendet. Für analytische Zwecke werden wir die WNI-Einheiten (Geometrien) als Basis für die räumlichen Analysen verwenden.

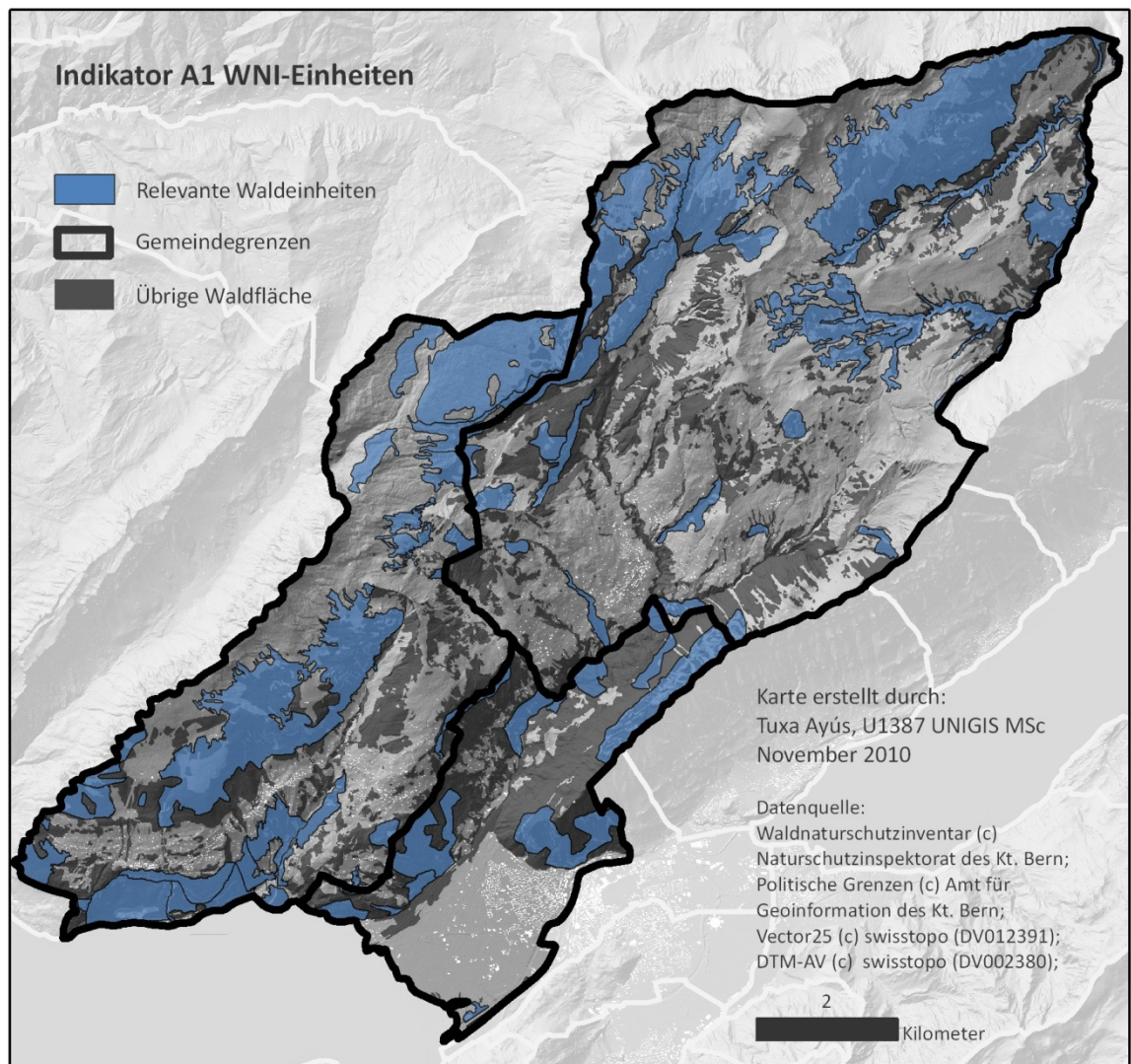


Abbildung 16: Zwischenergebnis Indikator A1 WNI-Einheiten

3.6.2 B1 Menschlicher Störungsdruck

Beschreibung: Beurteilung der direkten Einwirkungen von Waldbesuchenden, welche Fauna und Vegetation stören (BURNAND et al., 2007). Störungsquellen sind Erschliessungen wie Strassen und Wanderwege, Gebäude wie Hütten oder Wohnhäuser sowie Deponien und Abbaugelände. Nicht berücksichtigt werden die Quellen von extensiven Störungen wie Pilzsammelgebiete oder Orientierungslaufgebiete. Solche Aktivitäten (die ausserhalb von Wegen stattfinden) sind sehr störend für die Fauna, weil sie das Rückzugsgebiet vieler Tierarten beeinträchtigen. Da für diese Quellen von extensiven Störungen keine Geodaten vorhanden sind, werden sie für diese Studie nicht direkt berücksichtigt.

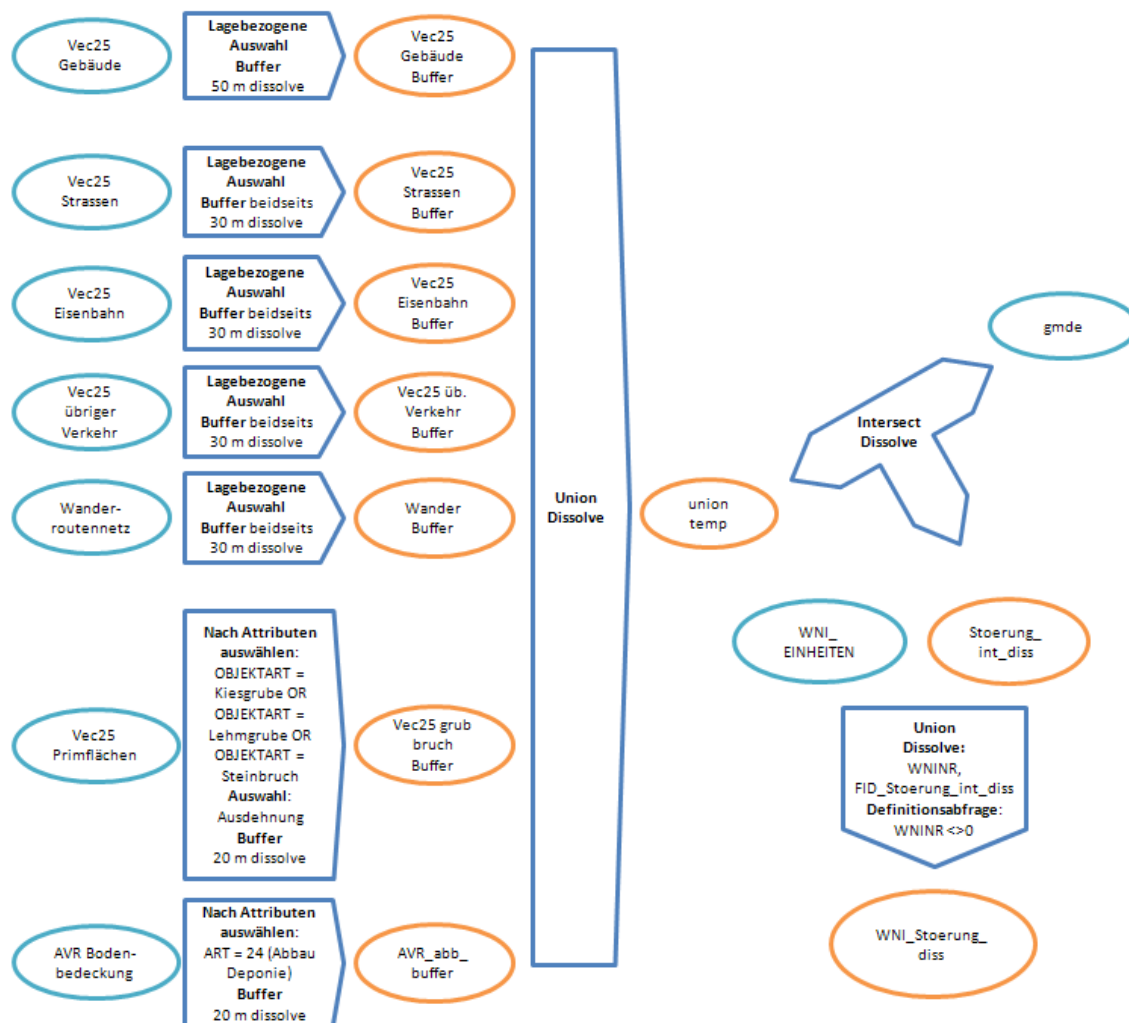
Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie)

- 3.5.13. Vector25 (Gebäude, Strassen, Eisenbahn und übriger Verkehr)
- 3.5.13. Vector25 Primärflächen (Steinbruch, Kiesgrube, Lehmgrube)
- 3.5.15. AVR Bodenbedeckung (Abbau Deponie)
- 3.5.17. Politische Grenzen (Kantons- und Gemeindegrenzen)
- 3.5.18. Wanderroutennetz

Analyse: Die Quellen der Störungen werden gemäss den Angaben und Richtgrössen von BURNAND et al. (2007) gepuffert, die Puffergrösse wurde für die Erschliessungen durch den Fachbeirat modifiziert (vgl. Abbildung 17). Das Ergebnis ist der Anteil der Fläche mit einer Störung im Verhältnis zur gesamten Fläche der Waldeinheit. Die Angabe erfolgt in Prozent (%).

- Gebäude: Puffergrösse 50 m
- Strassen aller Kategorien, Eisenbahn, übriges Verkehr, Wandernetz: Puffergrösse 30 m
- Kiesgruben, Lehmgruben, Steinbrüche, Abbauflächen, Deponien: Puffergrösse 20 m



Fortsetzung auf der nächsten Seite...

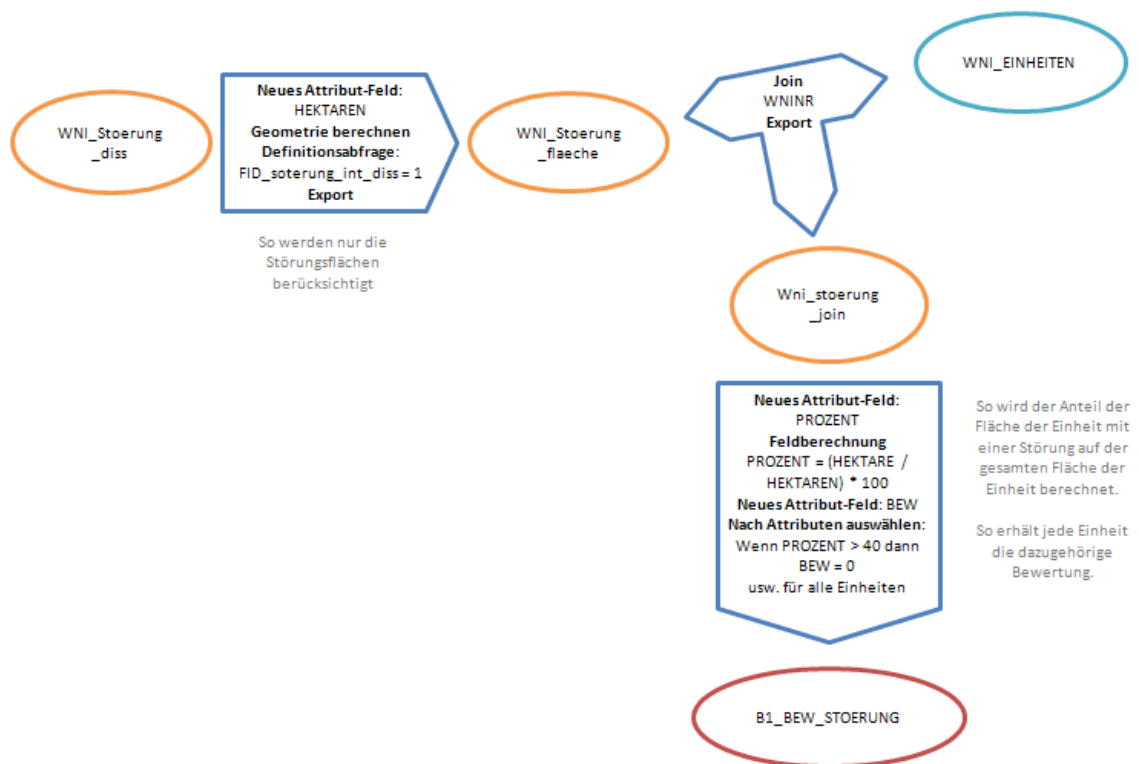


Abbildung 17: Analyseschema Indikator B1 Menschlicher Störungsdruck

Bewertung: Berechnung des Anteils der Fläche mit einer Störung im Verhältnis zur gesamten Fläche der Waldeinheit.

Tabelle 6: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils mit Störungsdruck

Flächenanteil (%)	Punkte
> 40	0
> 30 – 40	1
> 20 – 30	3
> 10 – 20	5
≤ 10	7

Die Skalierung sieht maximal 7 Punkte vor. Der Grund liegt darin, dass für Quellen extensiver Störungen, wie Skipisten, Pilzsammelgebiete, Orientierungslauf-Gebiete keine Geodaten zur Verfügung stehen. Keine Waldeinheit kann den maximalen Wert für fehlenden menschlichen Störungsdruck erhalten, weil wir zum Beispiel nicht wissen, ob sich diese Waldeinheit in einem wichtigen Pilzsammelgebiet befindet.

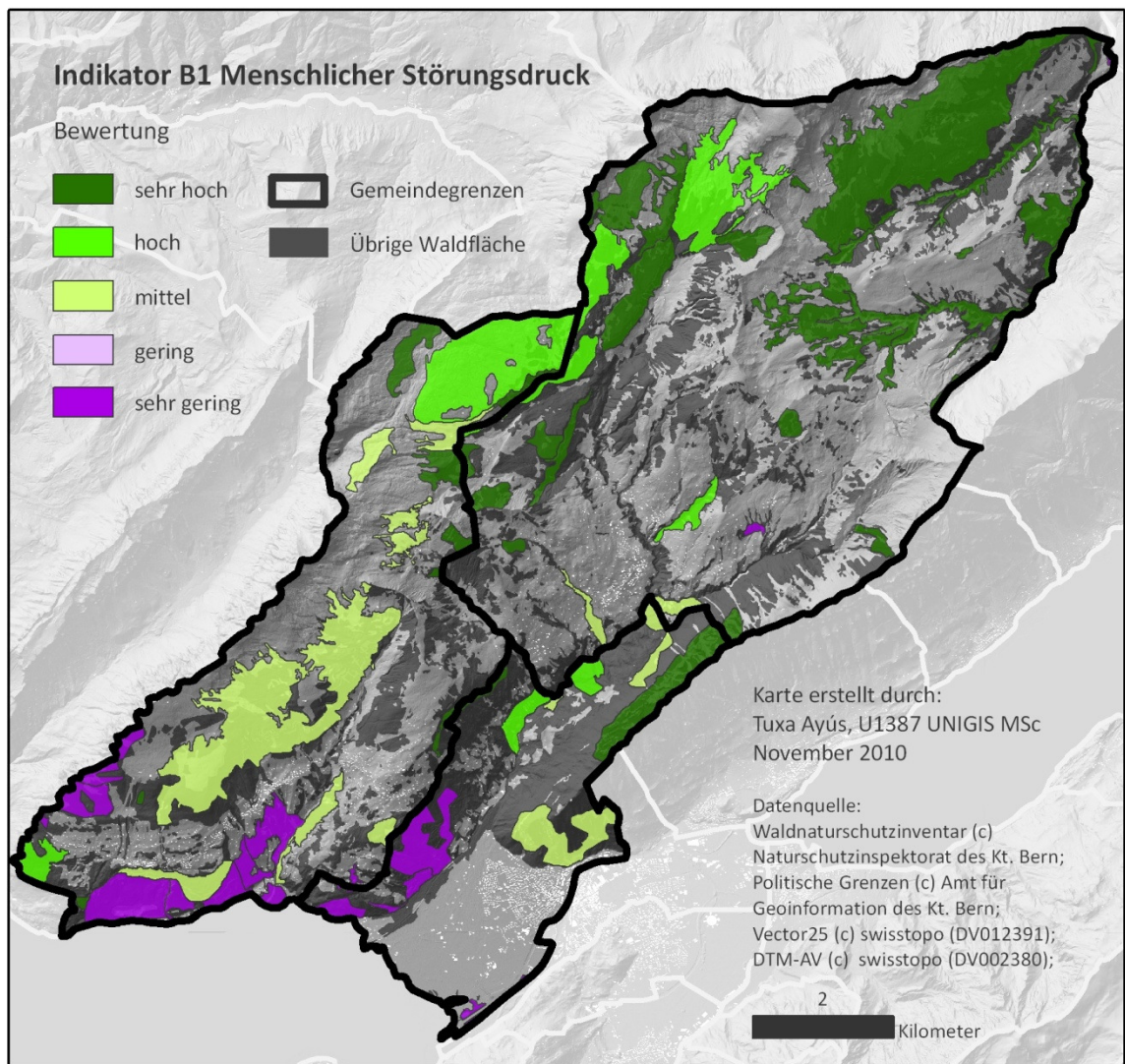


Abbildung 18: Zwischenergebnis Indikator B1 Menschlicher Störungsdruck

3.6.3 B2 Unzugänglichkeit

Beschreibung: Schwer zugängliche Wälder sind in der Regel naturüberlassene Gebiete. Weil die Erreichbarkeit schwieriger ist, ist die anthropogene Auswirkung kleiner und zum Teil werden diese Wälder nicht bewirtschaftet. Die Hangneigung des Gebiets zusammen mit der Aussage des Wald-Naturschutzinventars zu der Zugänglichkeit der einzelnen Waldeinheiten werden für die Beurteilung mit einbezogen.

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)
- 3.5.16. Digitales Höhenmodell

Analyse: Rasteranalyse und Klassifizierung je nach Hangneigung (massgebend ist eine Neigung grösser als 40 %). Attributierung je nach Aussage vom WNI. Ergebnis ist der Anteil des unzugänglichen Waldes auf der gesamten Fläche der Waldeinheit.

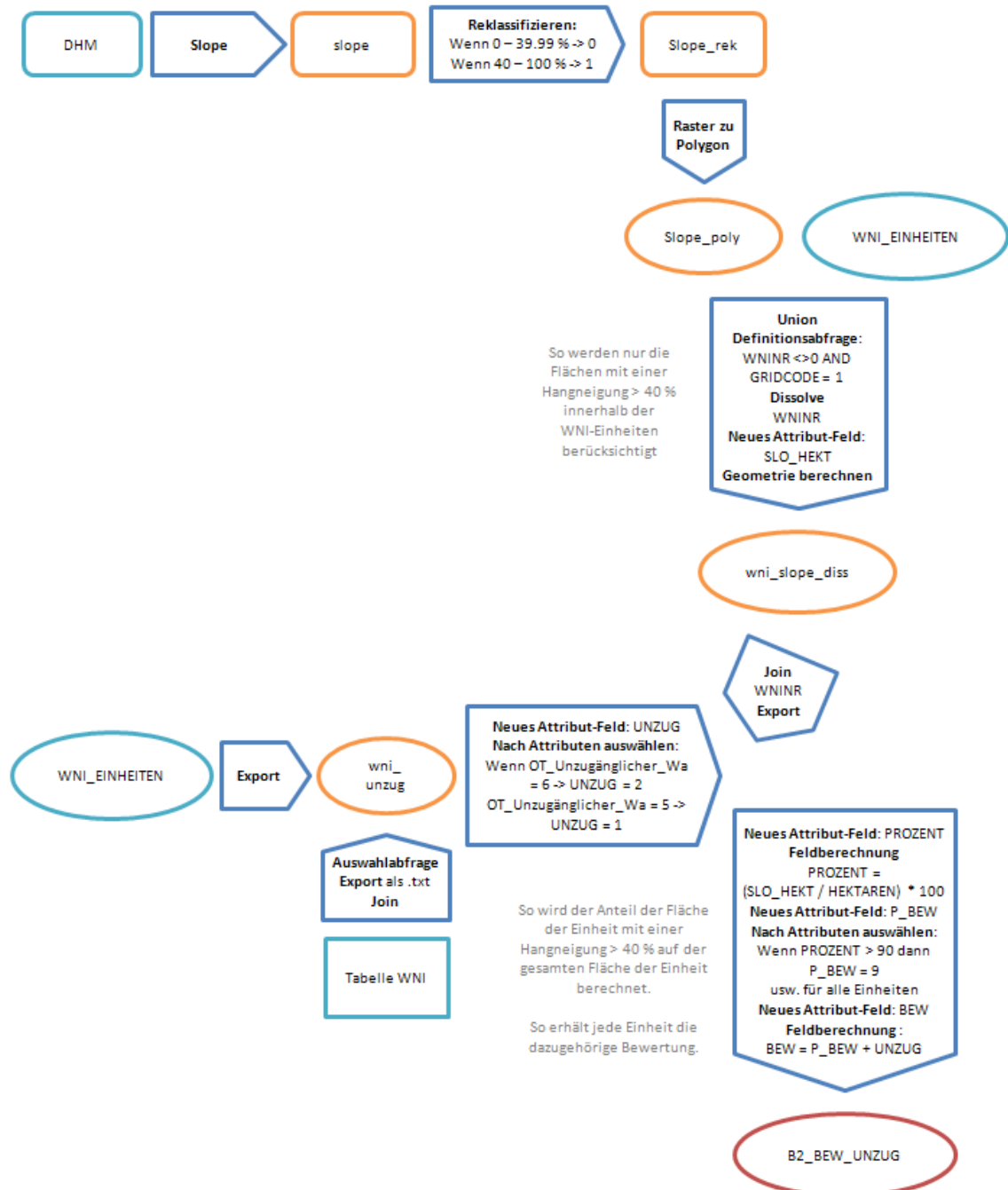


Abbildung 19: Analyseschema Indikator B2 Unzugänglicher Wald

Bewertung: Anteil der Fläche der Waldeinheit mit einer Hangneigung grösser als 40 % (vgl. Tabelle 7). Zusätzlich werden, je nach Aussage zum unzugänglichen Wald im WNI, weitere Punkte addiert bis zu einem Maximum von 9 Punkten pro Waldeinheit (vgl. Tabelle 8)

Tabelle 7: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils an unzugänglichem Wald

Flächenanteil (%)	Punkte
≤ 30	0
> 30 – 50	3
> 50 – 80	5
> 80 – 90	7
> 90	9

Tabelle 8: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zur Unzugänglichkeit

Unzugänglicher Wald WNI (% der Fläche)	Punkte
6 (> 50 %)	+ 2
5 (20 – 50 %)	+ 1

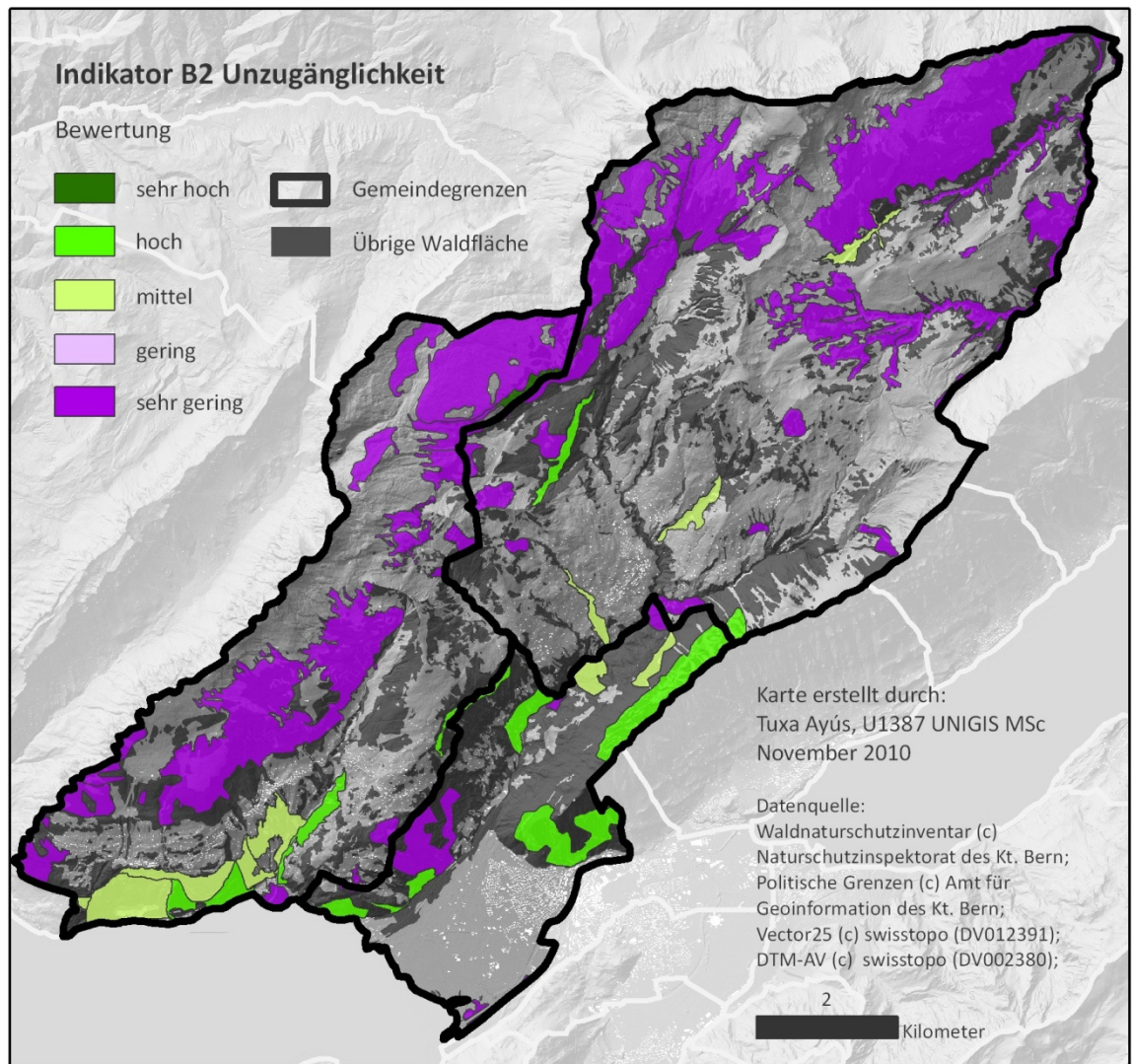


Abbildung 20: Zwischenergebnis Indikator B2 Unzugänglichkeit

3.6.4 B3 Kernflächen

Beschreibung: Die Waldeinheiten werden auf die effektiv nutzbare Fläche für Tierarten überprüft. Die Innenbereiche oder die Kernflächen werden von vielen Tierarten bevorzugt, weil dort die Störungen und der Einfluss der Randeffekte kleiner sind. Je nach Tierart werden unterschiedliche Kernflächendistanzen bevorzugt, es gibt viele sensible Arten die eher auf grössere Kernflächendistanzen angewiesen sind. Solche unterschiedlichen Lebensbedingungen der Arten werden für die Beurteilung nicht berücksichtigt.

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie)

Analyse: Kernflächenanalyse (LANG & BLASCHKE, 2007). Die Grösse des negativen Puffers ist je nach Tierart unterschiedlich. Hier wird er allgemein mit 50 m berechnet. Als Basis für die Analyse werden die WNI-Objekte verwendet, aber als *Single Part*, weil die Fläche und die Form jeder einzelnen Teileinheit für die Auswertung wichtig sind. Als Ergebnis wird der *Core Area Index*, das Flächenverhältnis zwischen dem Innenbereich (ohne Randbereich) und der gesamte Fläche, pro Waldeinheit berechnet.

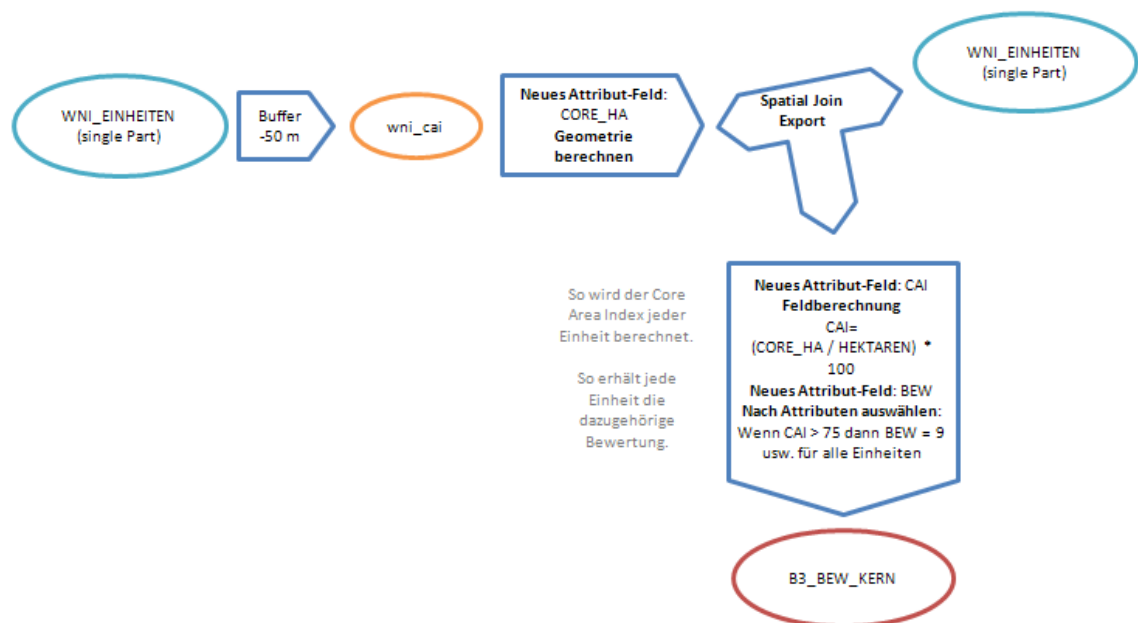


Abbildung 21: Analyseschema Indikator B3 Kernflächen

Bewertung: Gemäss dem CAI (*Core Area Index*), Anteil der Fläche der Einheit, welche die Kernfläche einnimmt. Der CAI wird pro Einheit als Prozentsatz angegeben.

Tabelle 9: Bewertung und Skalierung des Core Area Index

Core Area Index (%)	Punkte
≤ 5	0
> 5 – 15	1
> 15 – 35	3
> 35 – 55	5
> 55 – 75	7
> 75	9

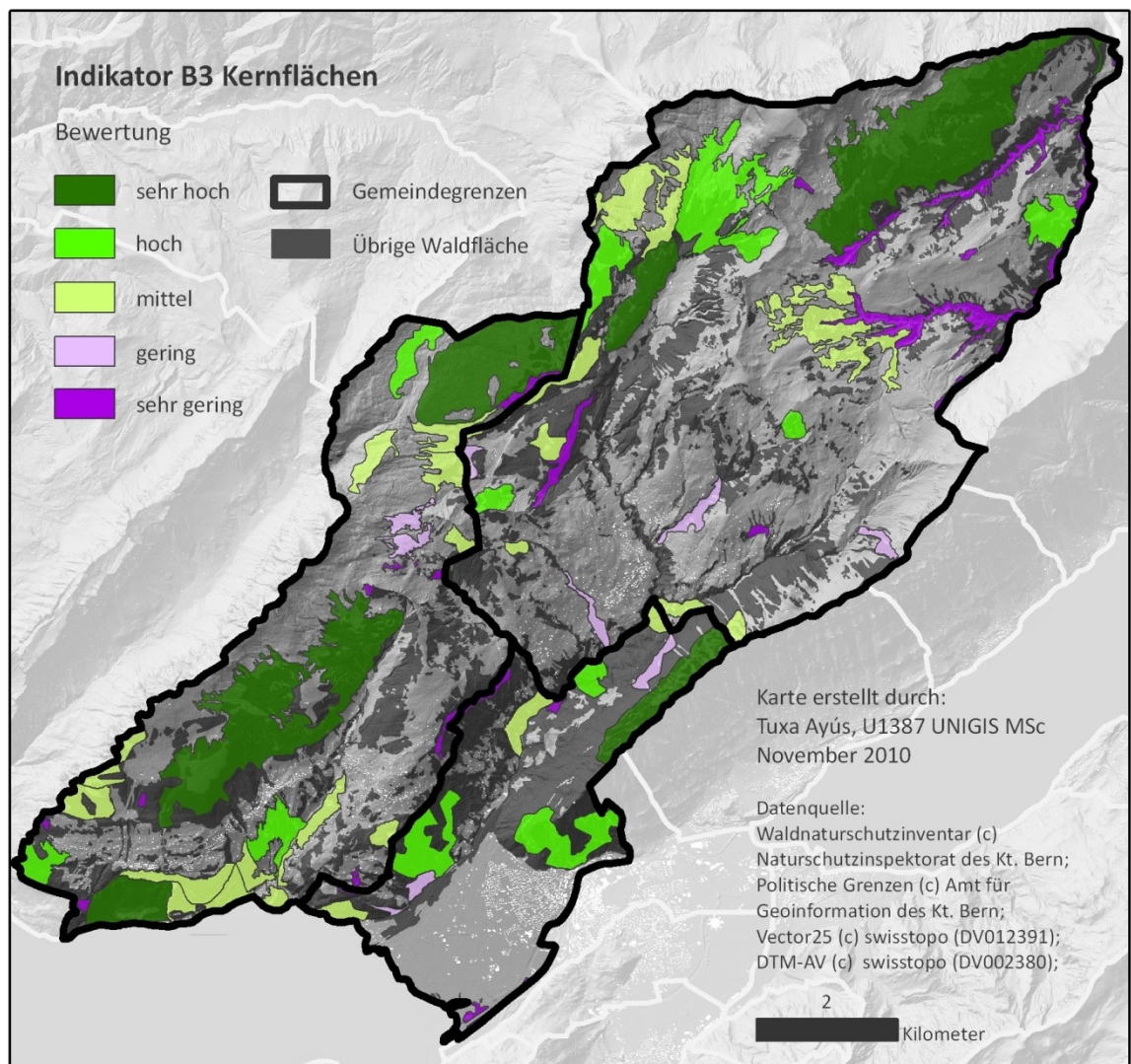


Abbildung 22: Zwischenergebnis Indikator B3 Kernflächen

3.6.5 B4 Naturnähe gemäss WNI

Beschreibung: Für die Beurteilung der Naturnähe gemäss WNI werden ausschliesslich die Angaben aus dem Wald-Naturschutzinventar verwendet. Für die Aufnahme der Wälder im Inventar ist eine gewisse Naturnähe Mindestanforderung, das heisst, alle Wälder im Inventar sind relativ naturnah und wurden deshalb im Rahmen des WNI mit einem relativ hohen Wert dies betreffend versehen (vgl. Kapitel 3.5.1). Dieser Wert wird verwendet um den Indikator zu ermitteln. Der Naturnähewert des Wald-Naturschutzinventares bezieht sich einzig und allein auf eine natürliche Baumartenzusammensetzung am jeweiligen Standort (ZIMMERLI, 1994).

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)

Analyse: Verbindung der Tabelle, Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung.

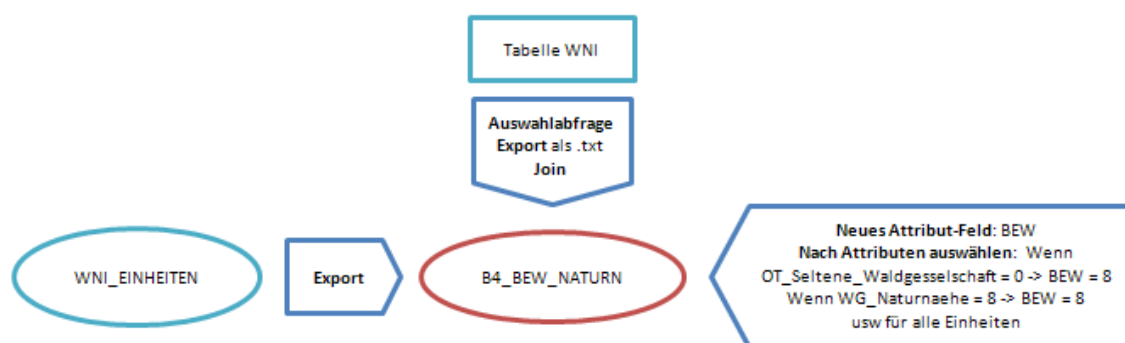


Abbildung 23: Analyseschema Indikator B4 Naturnähe gemäss WNI

Bewertung: Die Bewertung hängt vom Naturnähe-Wert im Rahmen des Wald-Naturschutzinventars für das jeweilige WNI-Objekt ab (vgl. Tabelle 10). WNI-Objekte die im Rahmen des WNI aufgrund des Kriteriums „Besondere Waldstrukturen“ aufgenommen wurde, verfügen im WNI über keinen Wert der Naturnähe. Da solche Wälder in der Regel naturnah bestockt sind, wird davon ausgegangen, dass die Naturnähe mindestens 90% beträgt (vgl. Kapitel 3.5.1).

Tabelle 10: Bewertung und Skalierung des Naturnähe-Wertes nach WNI

Naturnähe-Wert WNI (Annäherung in %)	Punkte
≤ 5 (≤ 50)	0
6 (> 50 – 80)	3
7 (> 80 – 90)	5
8 (> 90)	8
Keine Angabe (Aufnahme im WNI durch Kriterium „Besondere Waldstrukturen“)	8

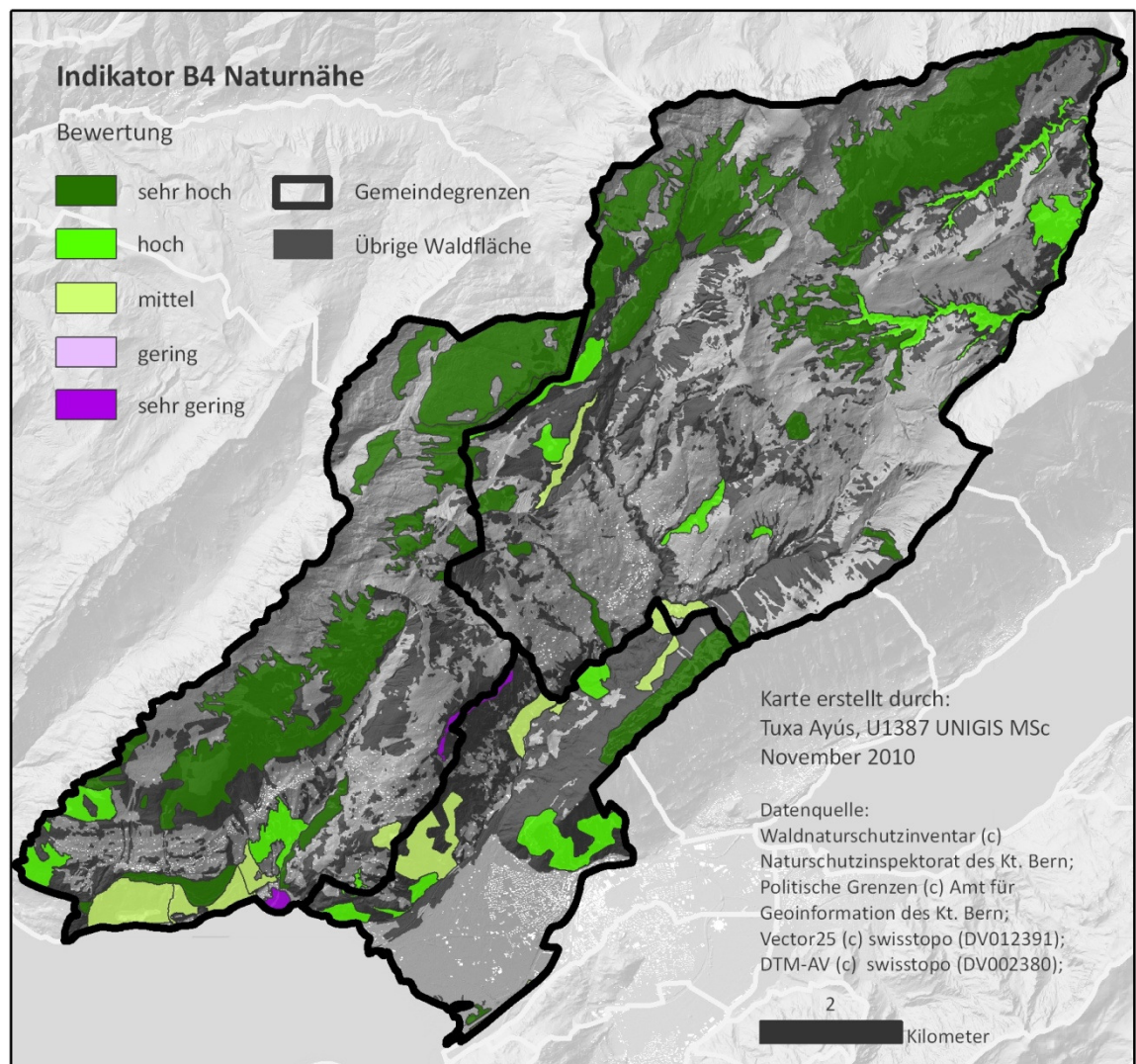


Abbildung 24: Zwischenergebnis Indikator B4 Naturnähe gemäss WNI

3.6.6 B5 Altholz

Beschreibung: Mit diesem Indikator wird nachgeprüft wie viele Bäume mit einem relativ grossen Durchmesser in der Waldeinheit vorhanden sind (BURNAND et al., 2007). Berücksichtigt wird die Anzahl der Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von mindestens 50 cm. Solche dicken Bäume bieten oft Baumhöhlen, strukturreiche Rinden, grosse Kronen, beliebte Lebensräume für viele Pilze, Flechten aber auch Säugetiere, Vögel und Insekten (KAWA & LANAT, 2007).

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)

Analyse: Verbindung der Tabelle, Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung.

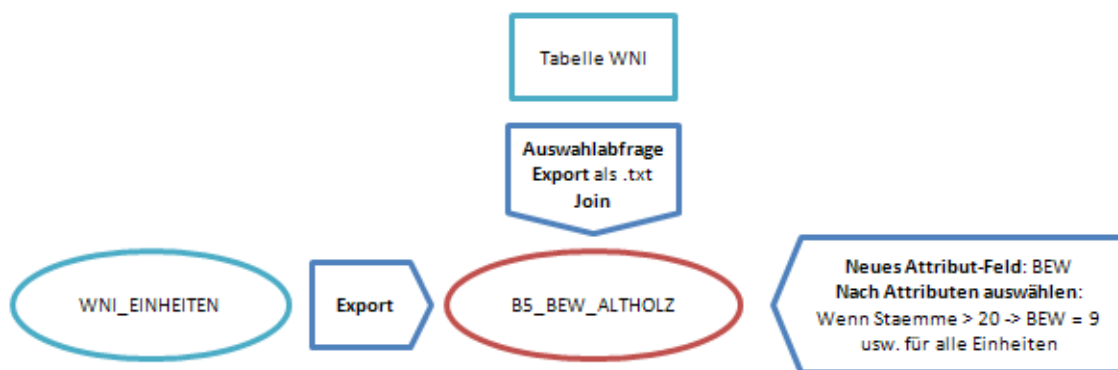


Abbildung 25: Analyseschema Indikator B5 Altholz

Bewertung: Anzahl Bäume pro Hektar mit einem Brusthöhendurchmesser grösser als 50 cm pro Waldeinheit.

Tabelle 11: Bewertung und Skalierung der Altholzanteil

Anzahl Bäume pro Hektar	Punkte
0	0
1 – 2	1
3 – 5	3
6 – 10	5
11 – 20	7
> 20	9

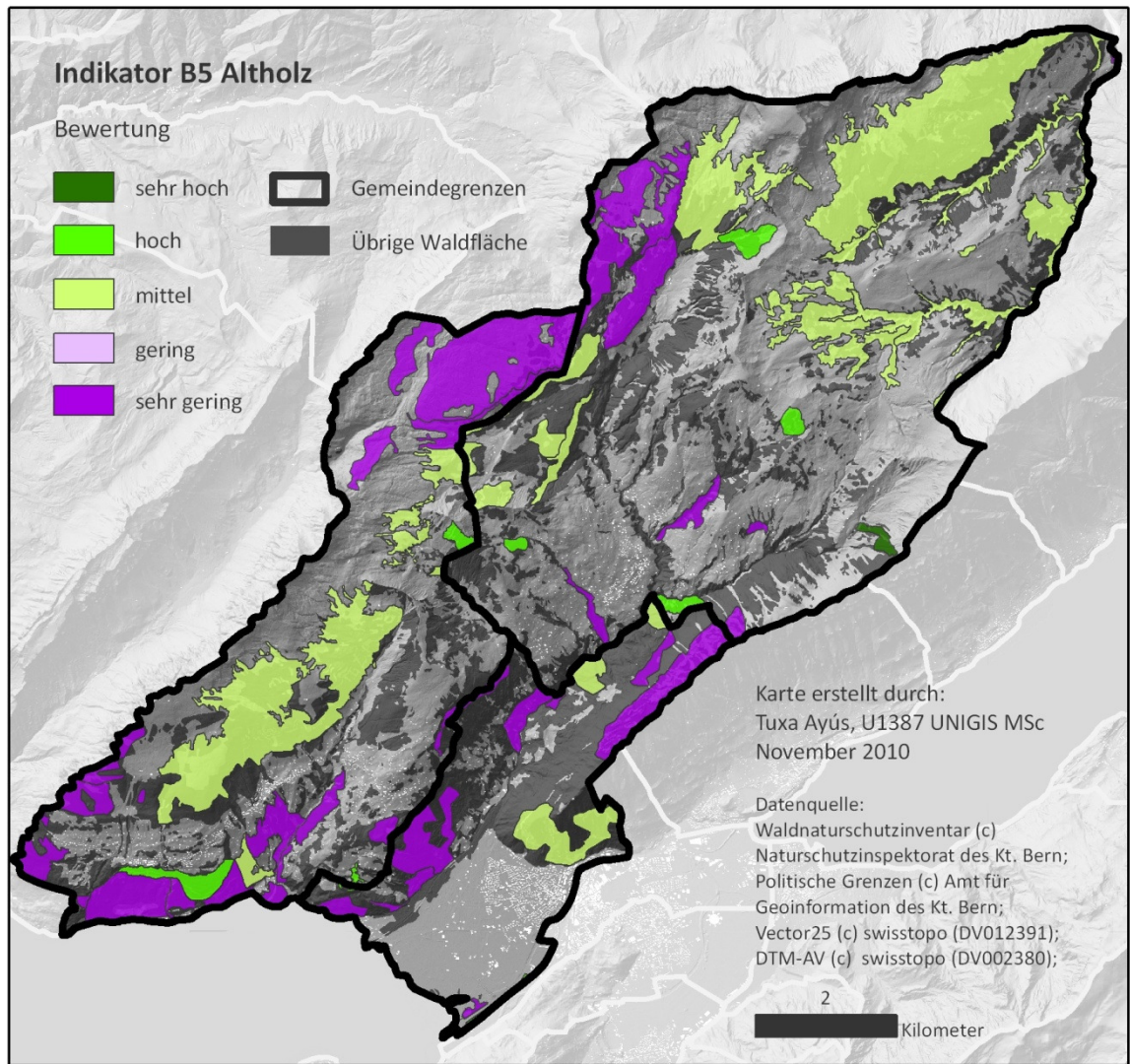


Abbildung 26: Zwischenergebnis Indikator B5 Altholz

3.6.7 B6 Totholz

Beschreibung: Beurteilung der Menge an abgestorbenen, stehenden oder liegenden Bäumen egal in welcher Zerfallsphase sie sich befinden (BURNAND et al., 2007). Berücksichtigt werden Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von mindestens 20 cm. Das Totholz ist für die Waldfauna sehr wichtig, vor allem für viele vom Aussterben bedrohte Käferarten (KAWA & LANAT, 2007).

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)

Analyse: Verbindung der Tabelle, Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung. Umrechnung Anzahl Stämme pro Hektar auf Anzahl Kubikmeter pro Hektar:

- Einen Stamm pro Hektar mit Durchmesser > 20 cm $\approx 0.5 \text{ m}^3 / \text{ha}$
- Einen Stamm pro Hektar mit Durchmesser > 50 cm $\approx 2 \text{ m}^3 / \text{ha}$

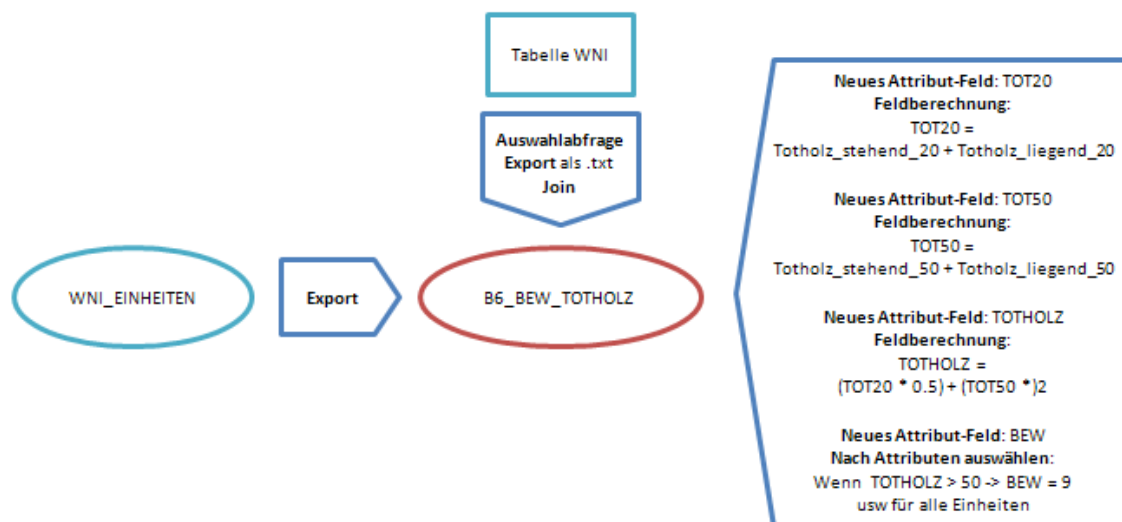


Abbildung 27: Analyseschema Indikator B6 Totholz

Bewertung: Volumen Totholz (Kubikmeter pro Hektar) mit einem Brusthöhendurchmesser von mindestens 20 cm in der jeweiligen Waldeinheit.

Tabelle 12: Bewertung und Skalierung des Totholzanteil

Totholz (m ³ / ha)	Punkte
≤ 2	0
> 2 – 5	1
> 5 – 10	3
> 10 – 20	5
> 20 – 50	7
>50	9

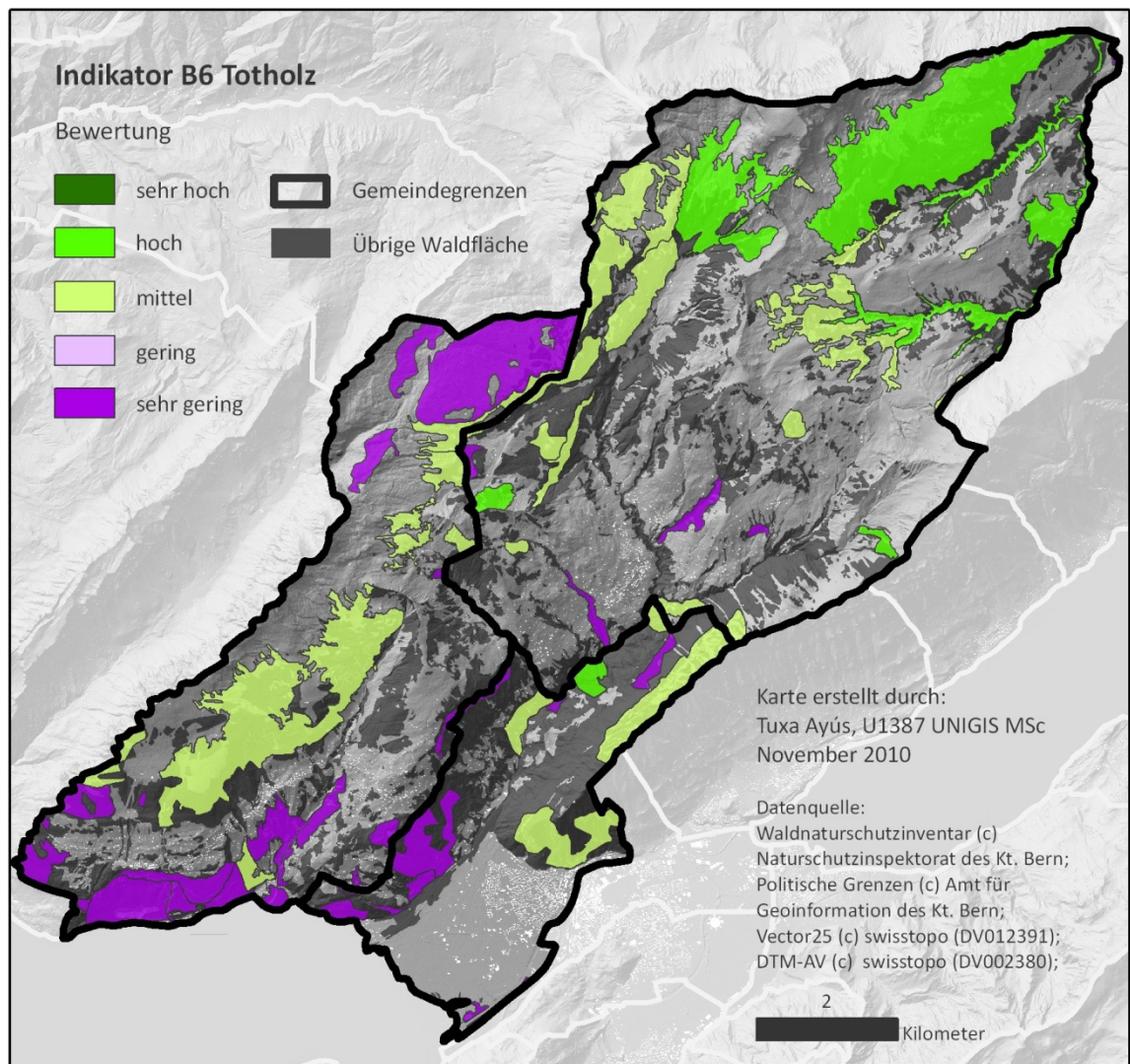


Abbildung 28: Zwischenergebnis Indikator B6 Totholz

3.6.8 C1 Standortvielfalt

Beschreibung: Berücksichtigt die Anzahl an unterschiedlichen seltenen Waldgesellschaften-Gruppen nach ZIMMERLI (1994) in einem Bestand. Aufgrund ungenauer Angaben können wir keine typischen Diversitätsmassen wie die Shannon-Indizes berechnen. Für die Beurteilung dieses Indikators werden wir die relative Fülle pro Waldeinheit berechnen (die Normierung der Anzahl der vorkommenden Waldgesellschaften-Gruppen auf die maximal mögliche Anzahl von Waldgesellschaften-Gruppen) wie in LANG & BLASCHKE (2007).

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)

Analyse: Verbindung der Tabelle, Berechnung der Fülle (Anzahl von seltenen Waldgesellschaften-Gruppen) und der relativen Fülle (mit der maximal möglichen Anzahl von Gruppen normiert), Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung.

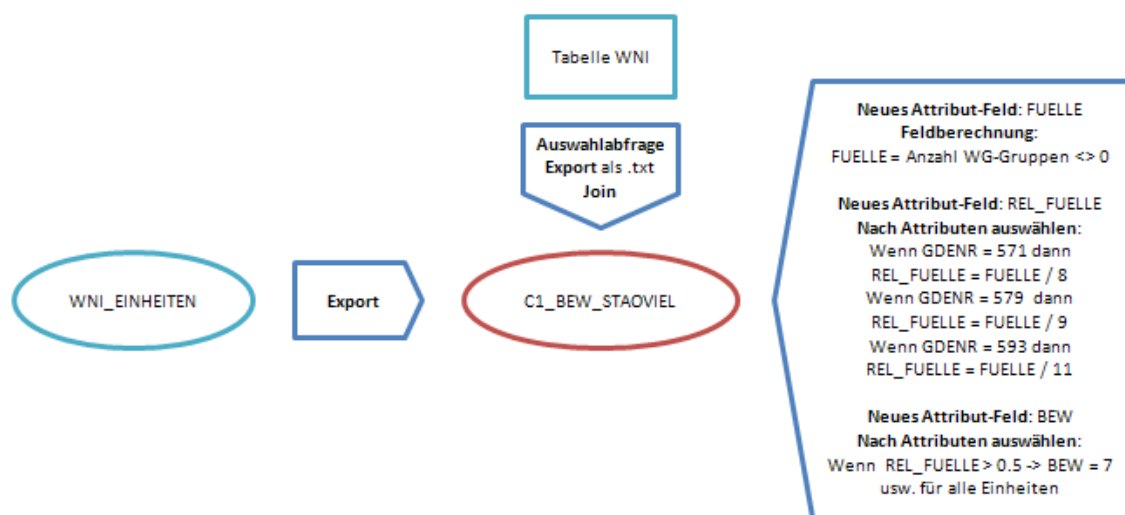


Abbildung 29: Analyseschema Indikator C1 Standortvielfalt

Bewertung: Anzahl von seltenen Waldgesellschaften-Gruppen durch die maximal mögliche Anzahl von seltenen Waldgesellschaften-Gruppen (je nach Gemeinde ist die maximal mögliche Anzahl unterschiedlich).

Tabelle 13: Bewertung und Skalierung der relativen Fülle

Relative Fülle	Punkte
≤ 0.15	0
> 0.15 – 0.25	1
> 0.25 – 0.35	3
> 0.35 – 0.50	5
> 0.50	7

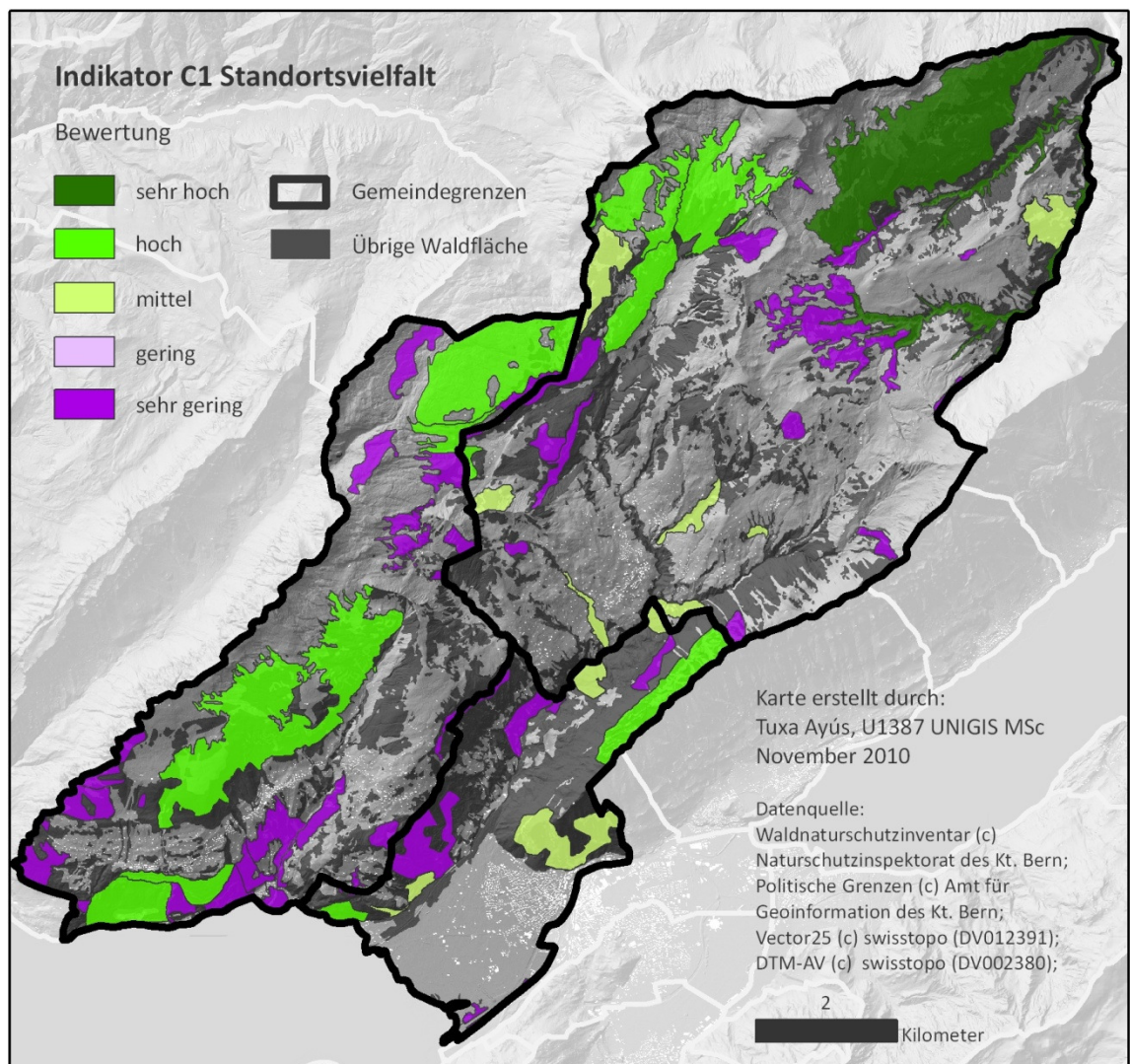


Abbildung 30: Zwischenergebnis Indikator C1 Standortvielfalt

3.6.9 C2 Kleinstrukturen im Bestand

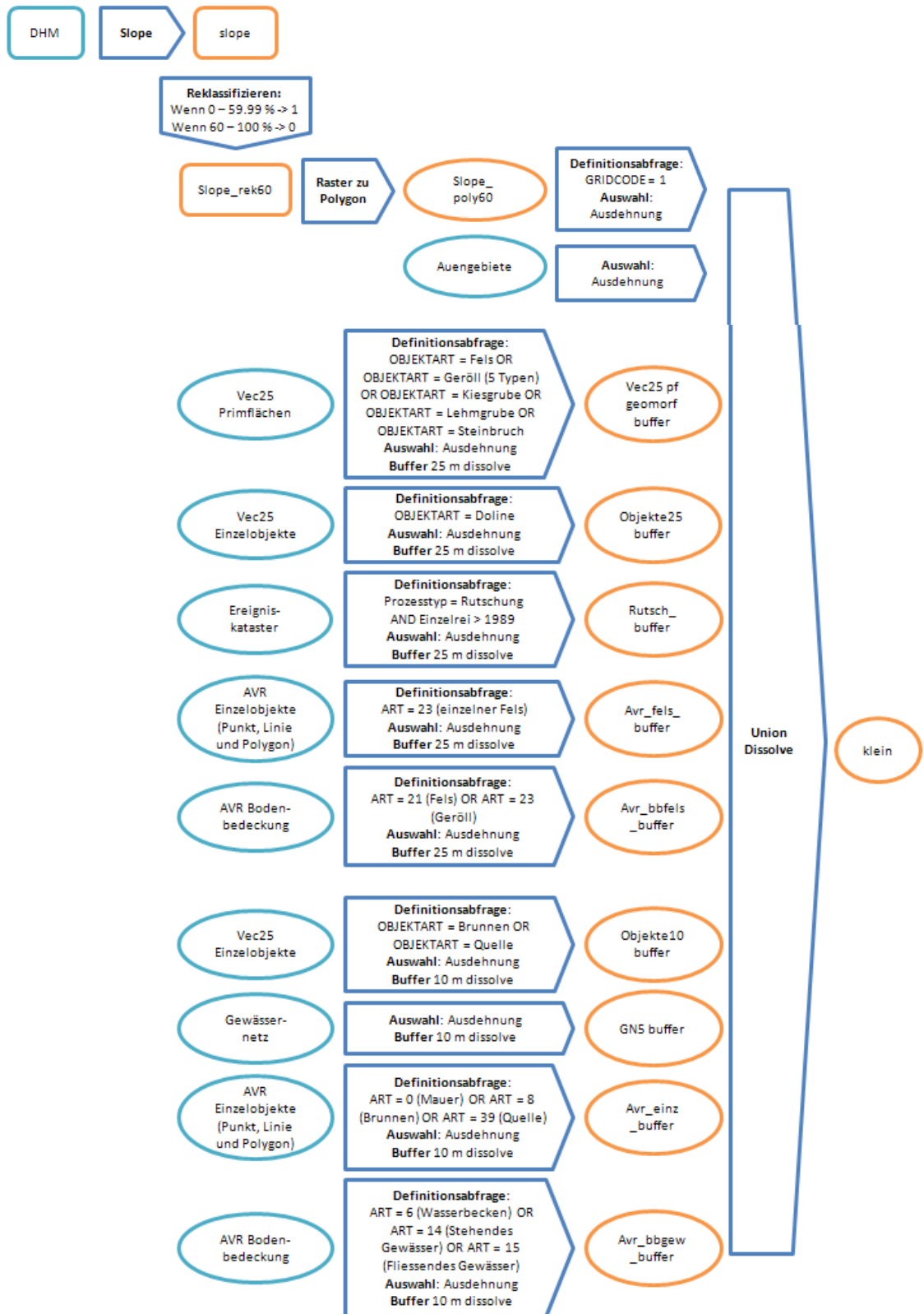
Beschreibung: Beurteilung der Waldeinheit auf das Vorhandensein von wichtigen Elementen für Tiere innerhalb des Waldes (BURNAND et al., 2007). Wichtige Nahrungs-, Nist- oder Versteckmöglichkeiten bieten zum Beispiel Geröll, Felswände, Gewässer, Steilhänge oder Trockenstandorte. Nicht berücksichtigt werden spezielle Waldgesellschaften, da dieses Gebiet über keine Standortkartierung verfügt.

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)
- 3.5.9. Auengebiete
- 3.5.12. Ereigniskataster (Rutschung)
- 3.5.13. Vector25 Primärflächen (Fels, Geröll, Steinbruch) und Einzelobjekte (Doline, Brunnen, Quelle)
- 3.5.14. Gewässernetz
- 3.5.15. AVR Bodenbedeckung (Fels, Geröll, Wasserbecken, stehendes Gewässer, fliessendes Gewässer)
- 3.5.15. AVR Einzelobjekte (Einzelner Fels, Brunnen, Quellen, Mauer als Linien Punkte und Polygone)
- 3.5.16. Digitales Höhenmodell

Analyse: Pufferanalyse gemäss den Angaben und Richtgrössen von BURNAND et al. (2007). Verbindung der Tabelle, Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung.

- Geomorphologische Strukturen wie Rutschungsgebiete, Geröll, Felsen, Felsbänder, Dolinen, Kiesgruben, Lehmgrube, Steinbrüche: Puffergrösse 25 m
- Stehendes und fliessendes Gewässer sowie Quellen und Brunnen: Puffergrösse 10 m
- Andere Strukturen wie Mauern: Puffergrösse 10 m
- Steilhänge und Auengebiete werden nicht gepuffert, nur die effektive Fläche wird berücksichtigt.



Fortsetzung auf der nächsten Seite...

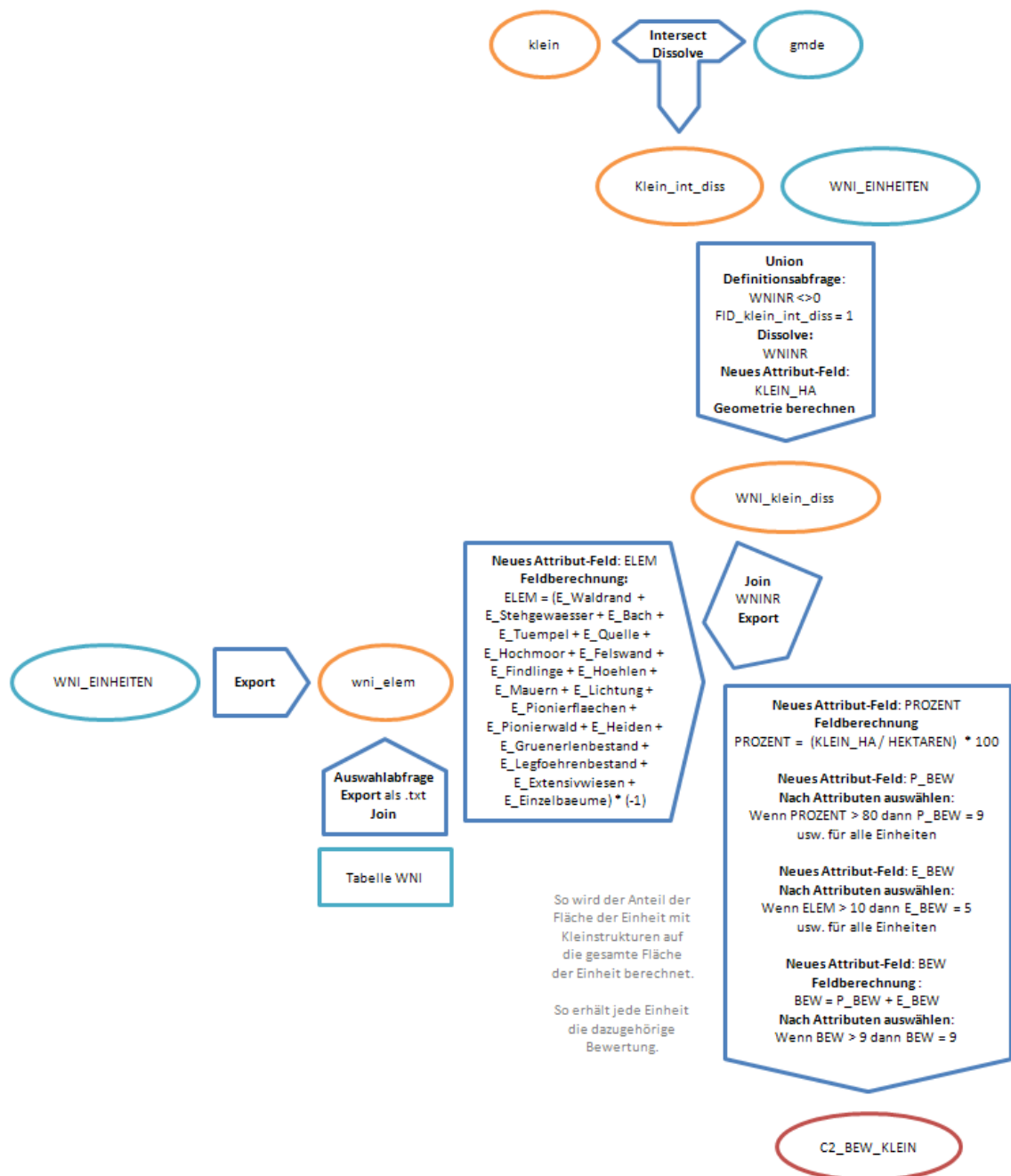


Abbildung 31: Analyseschema Indikator C2 Kleinstrukturen im Bestand

Bewertung: Anteil der Fläche der Waldeinheit mit Kleinstrukturen im Bestand auf die gesamten Fläche der Waldeinheit (vgl. Tabelle 14). Zusätzlich werden, nach Aussage vom WNI, weitere Punkte bis zum einem Maximum von 9 Punkten pro Waldeinheit addiert (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 14: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils an Kleinstrukturen

Flächenanteil (%)	Punkte
≤ 5	0
> 5 – 20	1
> 20 – 40	3
> 40 – 60	5
> 60 – 80	7
> 80	9

Tabelle 15: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zu den besonderen Elementen

Besondere Elemente WNI (Anzahl Aussagen)	Punkte
> 1 – 5	+ 1
> 5 – 10	+ 3
> 10	+ 5

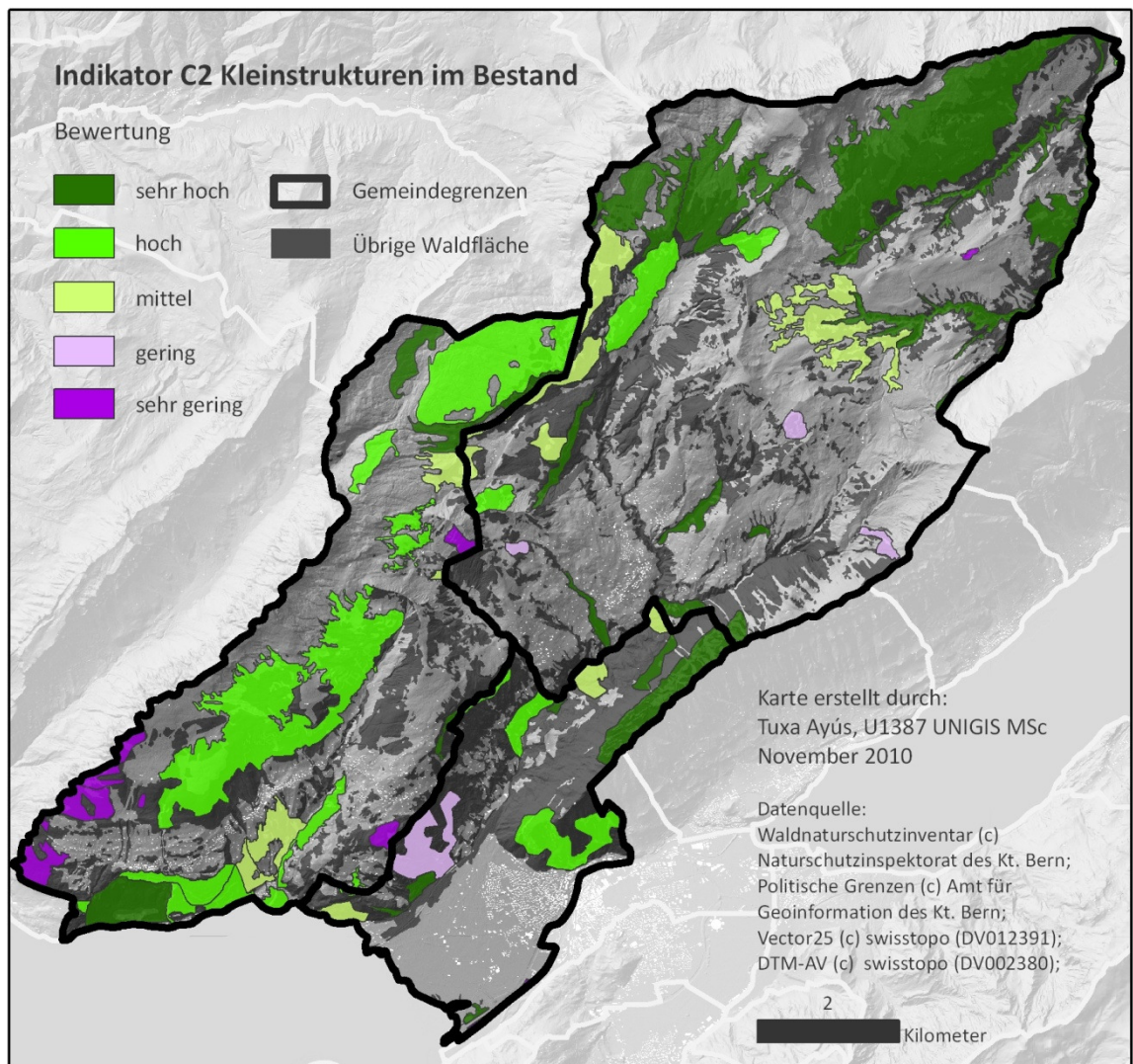


Abbildung 32: Zwischenergebnis Indikator C2 Kleinstrukturen im Bestand

3.6.10 D1 Gefährdete Pflanzenarten

Beschreibung: Die Waldeinheiten werden auf das Vorkommen von seltenen und gefährdeten Pflanzenarten gemäss der Roten Liste für die Schweiz (MOSER et al., 2002) überprüft. Berücksichtigt werden die Funde in den Kategorien CR (vom Aussterben bedroht), EN (gefährdet), VU (verletzlich) und NT (potenziell gefährdet) gemäss BURNAND et al. (2007). Dazu werden auch die im Rahmen vom Wald-Naturschutzinventar kartierten Pflanzenvorkommen für die Beurteilung berücksichtigt.

Geodaten:

- 3.3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)
- 3.5.2. Gefährdete Pflanzenarten in den Kategorien CR, EN, VU und NT

Analyse: Lagebezogene Verbindung, neue Attributierung und Bewertung.

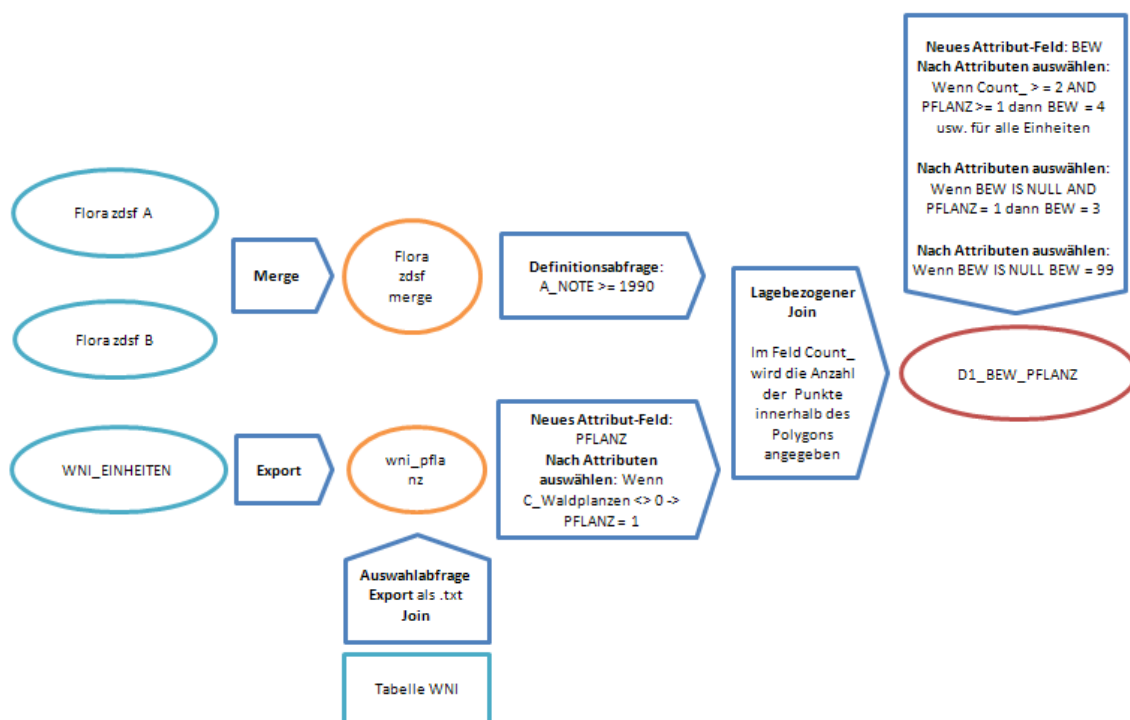


Abbildung 33: Analyseschema Indikator D1 Gefährdete Pflanzenarten

Bewertung: Anzahl inventarisierter gefährdeter Pflanzenarten in den Kategorien CR, EN, VU, NT in der jeweiligen Waldeinheit seit 1990 (vgl. Tabelle 16), Bewertung basierend auf BURNAND et al. (2007).

Wenn für eine Waldeinheit Beobachtungen vorhanden sind und im Rahmen des Wald-Naturschutzinventars für die gleiche Einheit besondere Waldpflanzenarten aufgenommen wurden, wird zusätzlich ein Punkt addiert (vgl. Tabelle 16).

Wenn für eine Waldeinheit keine Beobachtungen vorliegen (wenn die Waldeinheit null Punkte bekommen hat), aber wenn im Rahmen des WNI für diese Einheit besondere Waldpflanzenarten aufgenommen wurden, erhält diese Waldeinheit drei Punkte (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 16: Bewertung und Skalierung der Pflanzenvorkommen

Anzahl gefährdete Pflanzenarten	Punkte
0	0
1	1
≥ 2	3
Bes. Waldpflanzen (WNI)	+ 1

Tabelle 17: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zu den besonderen Waldpflanzen

Waldpflanzen WNI	Punkte
Bes. Waldpflanzenarten	3

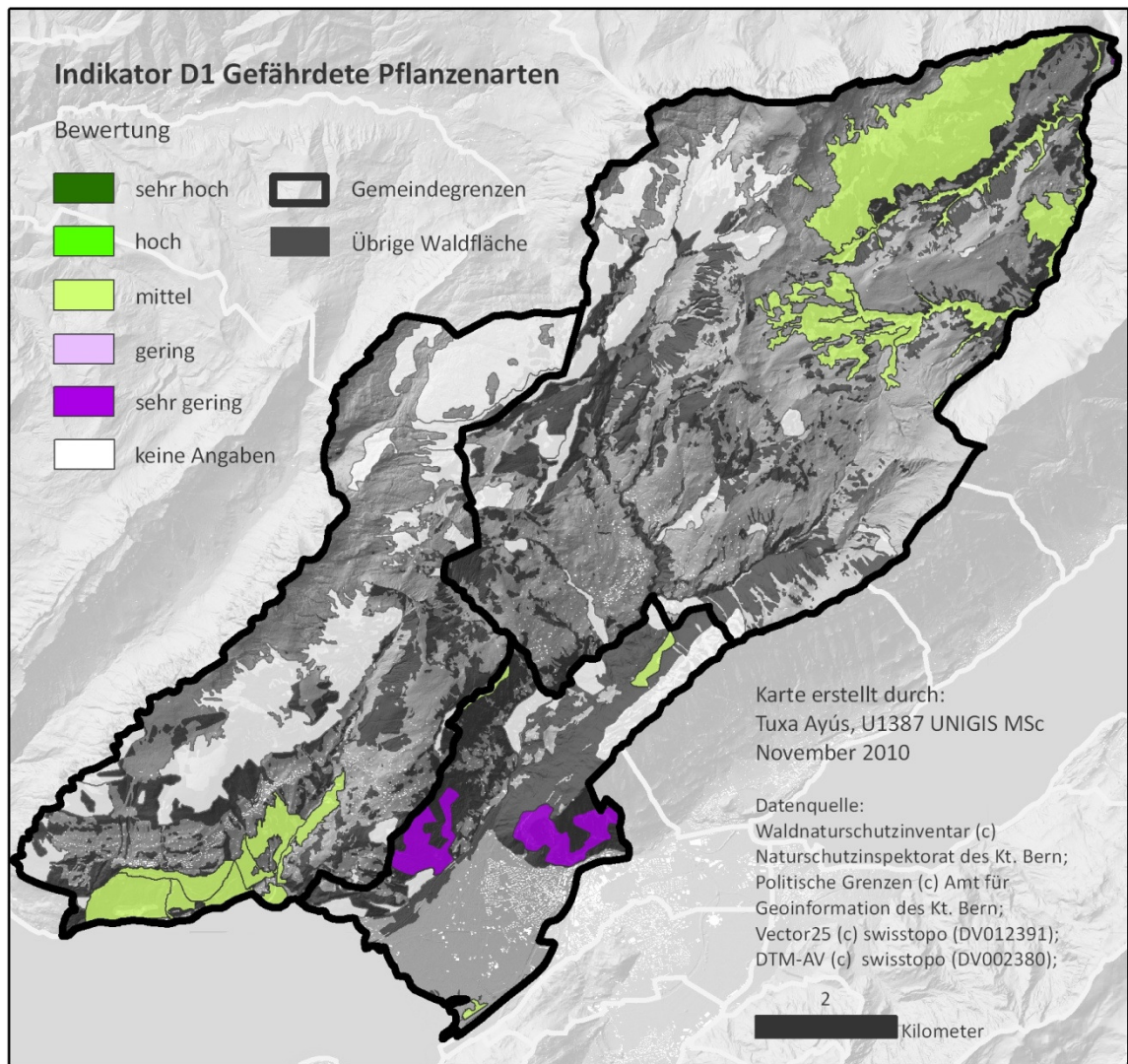


Abbildung 34: Zwischenergebnis Indikator D1 Gefährdete Pflanzenarten

3.6.11 D2 Seltene Waldstandorte

Beschreibung: Beurteilung der seltenen Waldstandorte nach Vorkommen in der Region und in der Schweiz gemäss BURNAND et al. (2007).

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)

Analyse: Verbindung der Tabelle, Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung.

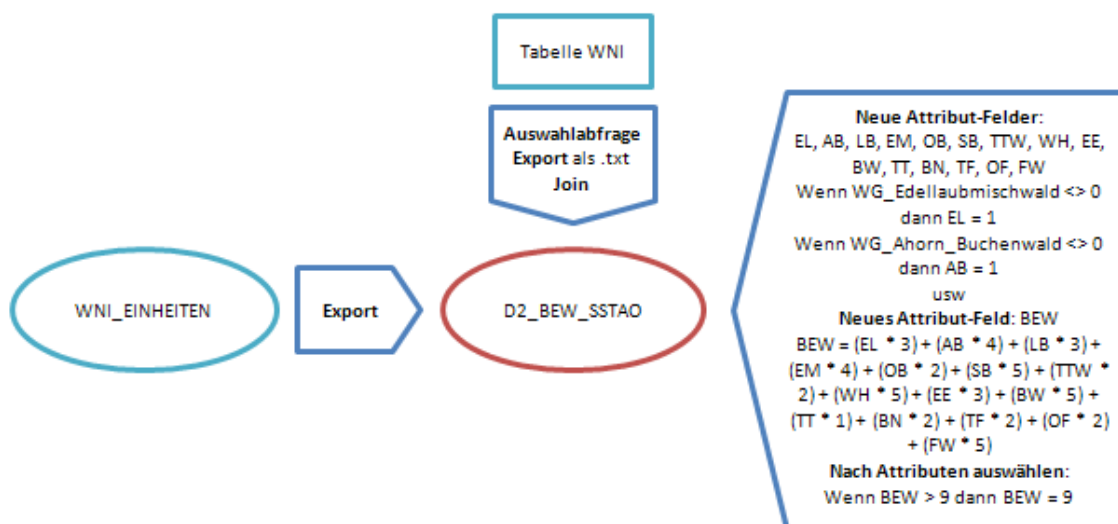


Abbildung 35: Analyseschema Indikator D2 Seltene Waldstandorte

Bewertung: Anzahl der vorkommenden seltenen Waldgesellschaften-Gruppen nach ZIMMERLI (1994) pro Waldeinheit. Die seltenen Waldstandorte wurden im Rahmen des WNI's gruppiert. Deshalb wurde auch die Skalierung (vgl. Tabelle 18) gruppiert und die Punktevergabe nach Bedarf mittelwertig angepasst aus dem Original von BURNAND et al. (2007). Die Werte werden pro Waldeinheit bis zu einem Maximum von 9 Punkten addiert.

Tabelle 18: Bewertung und Skalierung der gruppierten seltene Waldgesellschaften.

Seltene Waldgesellschaften (Gruppen) nach ZIMMERLI (1994)	Punkte
Edellaubmischwald (22-26)	3
Ahorn-Buchenwald (21)	4
Linden-Buchenwald (13)	3
Eichenmischwald (35, 38-41)	4
Orchideen-Buchenwald (12e,w; 14-17)	2
Simmsen-Buchenwald (1-2)	5
Trockene Ta-Bu-Wälder (18e,w)	2
Weichholzaue (43, 31-32)	5
Erlen-Eschenwälder (27-30, 32*)	3
Bruchwälder (44, 45)	5
Torfmoos-Tannenwald (46sti)	1
Blockschutt-Nadelwald (48, 18+57bl)	2
Torfmoos-Fichtenwald (46sti 56, 57b)	2
Offene Fichtenwälder (53, 54, 60*)	2
Föhrenwälder (61-71)	5

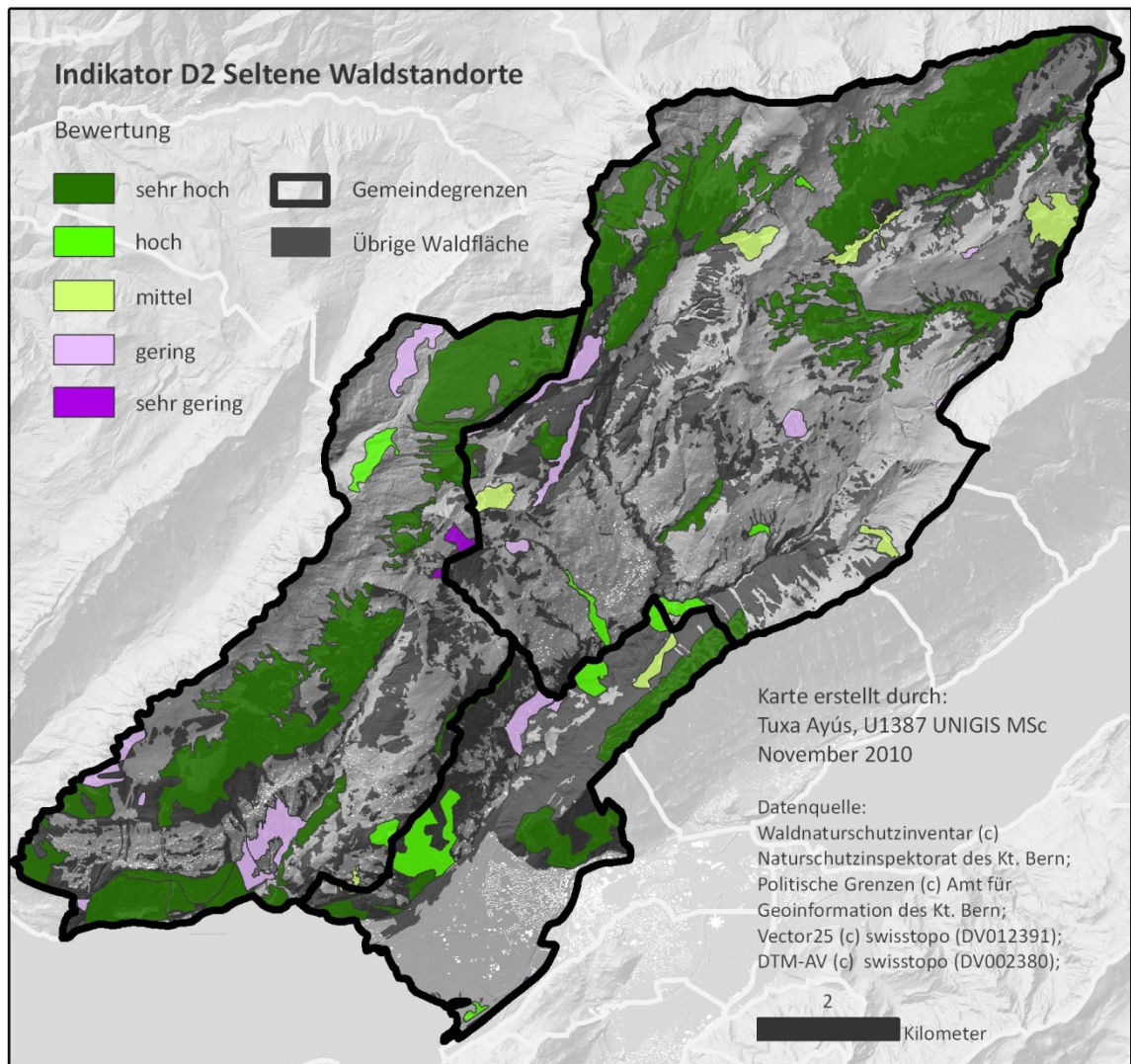


Abbildung 36: Zwischenergebnis Indikator D2 Seltene Waldstandorte

3.6.12 D3 Gefährdete Tierarten

Beschreibung: Beurteilung des Vorkommens gefährdeter Tierarten. Berücksichtigt werden die Funde in den Kategorien CR (vom Aussterben bedroht), EN (gefährdet), VU (verletzlich) und NT (potenziell gefährdet) gemäss BURNAND et al. (2007). Die Angaben zu den gefährdeten Tierarten des Wald-Naturschutzinventares werden in der Beurteilung auch berücksichtigt.

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie, Tabelle)
- 3.5.3. Gefährdete Tierarten inkl. Vogelarten

Analyse: Räumliche Verbindung, Verbindung der Tabelle, Berechnung der Werte, neue Attributierung und Bewertung.

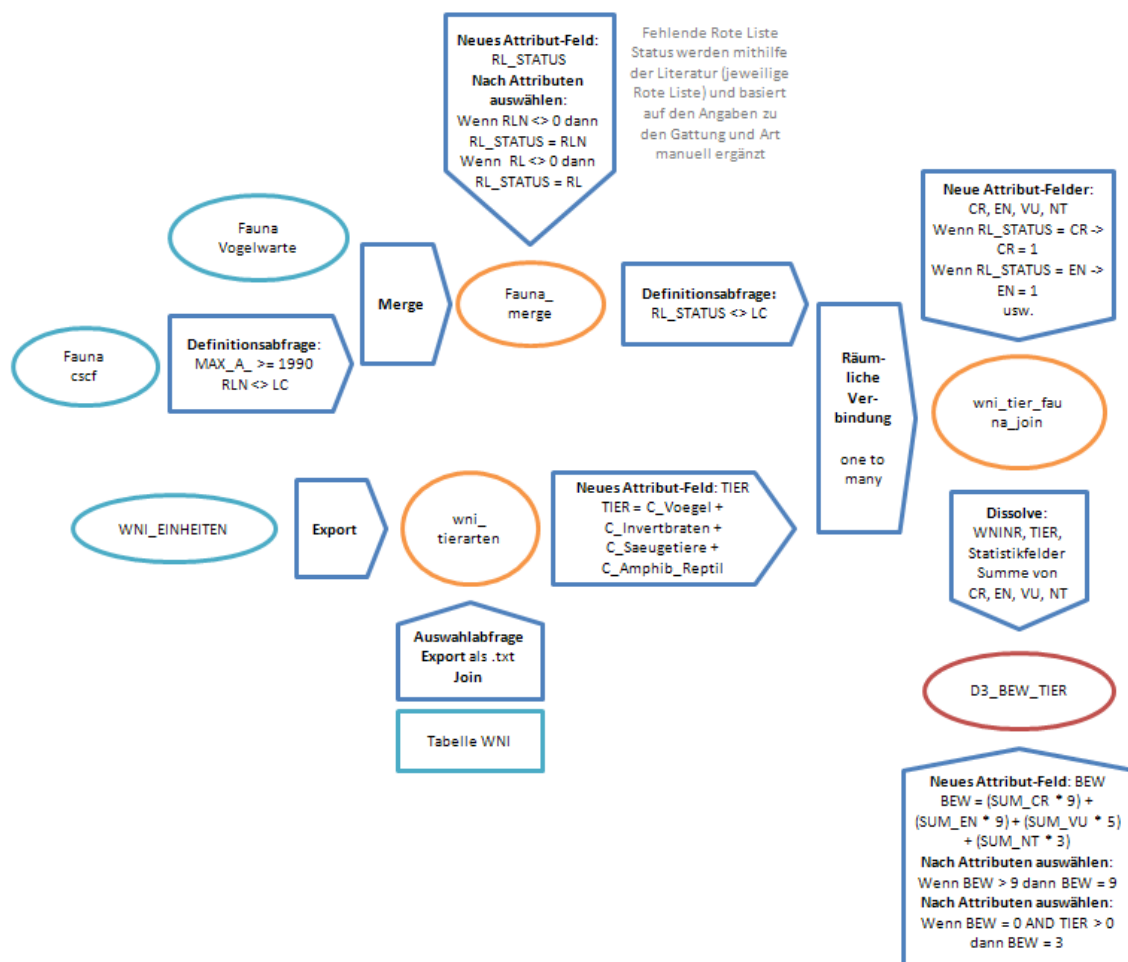


Abbildung 37: Analyseschema Indikator D3 Gefährdete Tierarten

Bewertung: Anzahl inventarisierter gefährdeter Tierarten in den Rote Liste Kategorien CR, EN, VU, NT in der jeweiligen Einheit seit 1990. Die Werte werden pro Waldeinheit bis zu einem Maximum von 9 Punkten addiert (vgl. Tabelle 19) gemäss BURNAND et al. (2007).

Wenn keine Beobachtungen vorliegen oder wenn die Waldeinheit null Punkte erhalten hat, aber im Rahmen des WNIs für diese Waldeinheit besondere Tierarten aufgenommen wurden, werden für die jeweilige Einheit drei Punkte vergeben (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 19: Bewertung und Skalierung der gefährdeten Tierarten nach der Kategorie der RL

RL-Kategorie	Punkte
Potenzial gefährdet (NT)	3
Verletzlich (VU)	5
Stark gefährdet (EN)	9
Vom Aussterben bedroht (CR)	9

Tabelle 20: Zusätzliche Skalierung nach Aussage WNI zu den besonderen Tierarten

Tierarten WNI	Punkte
Besondere Tierarten	3

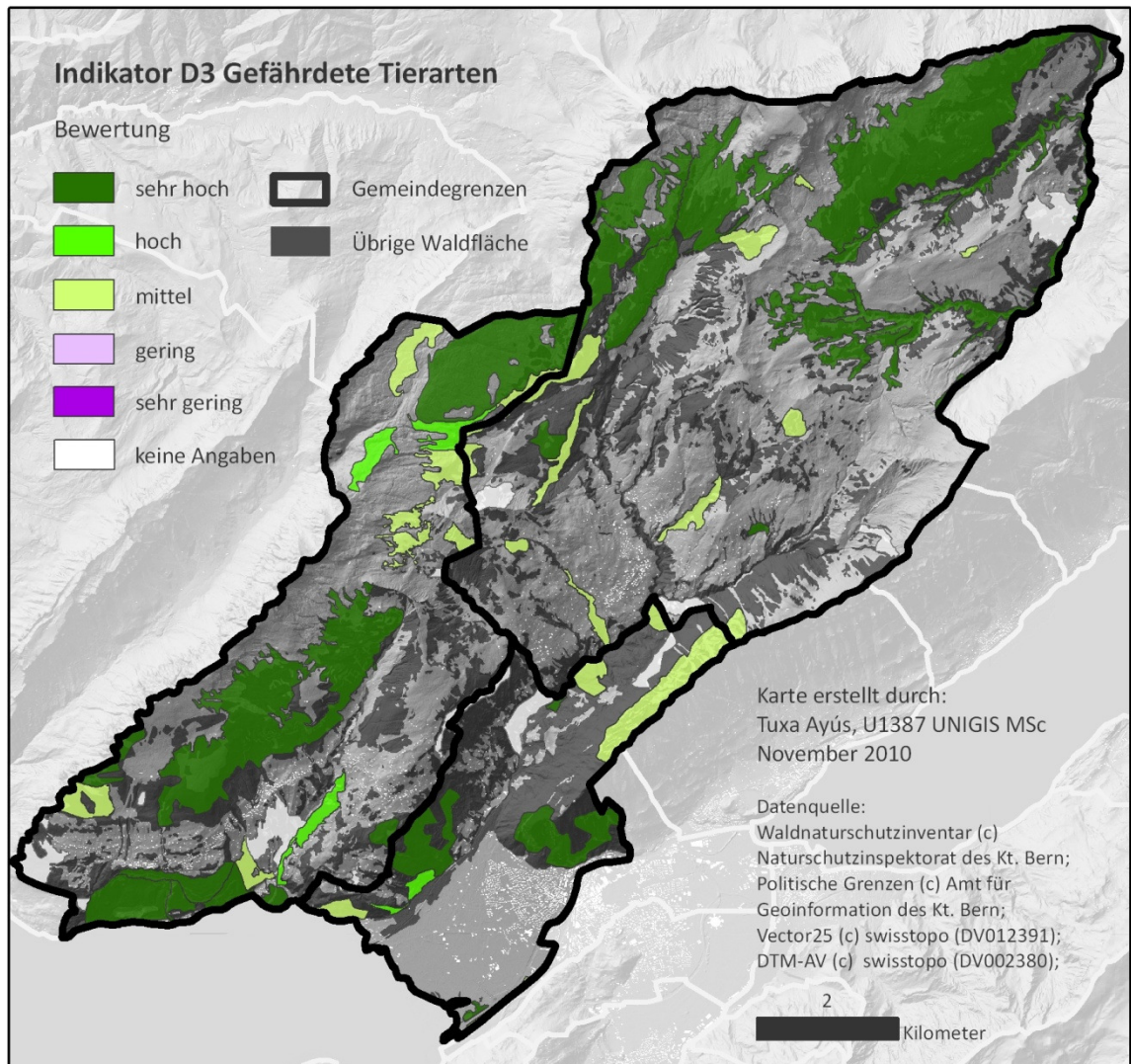


Abbildung 38: Zwischenergebnis Indikator D3 Gefährdete Tierarten

3.6.13 D4 Wertvolle Biotope

Beschreibung: Beurteilung des Vorkommens von Biotopen von nationaler Bedeutung innerhalb einer Waldeinheit (BDM & BAFU, 2007). Solche Biotoptypen wie Hoch-, Flachmoore, Auengebiete, Trockenstandorte sind für die Erhaltung der Artenvielfalt in der Schweiz sehr wichtig.

Geodaten:

- 3.5.1. Wald-Naturschutzinventar (Geometrie)
- 3.5.4. Naturschutzgebiete des Kantons Bern
- 3.5.5. Geschützte botanische Objekte
- 3.5.6. Feuchtgebiete
- 3.5.7. Hochmoor
- 3.5.8. Flachmoor
- 3.5.9. Auengebiete
- 3.5.10. Trockenstandorte
- 3.5.11. Trockenwiesen und -weiden

Analyse: Zusammenfügen der wertvollen Biotope, um den Anteil der Fläche mit wertvollen Biotopen auf der gesamten Fläche der jeweiligen Waldeinheit zu berechnen.

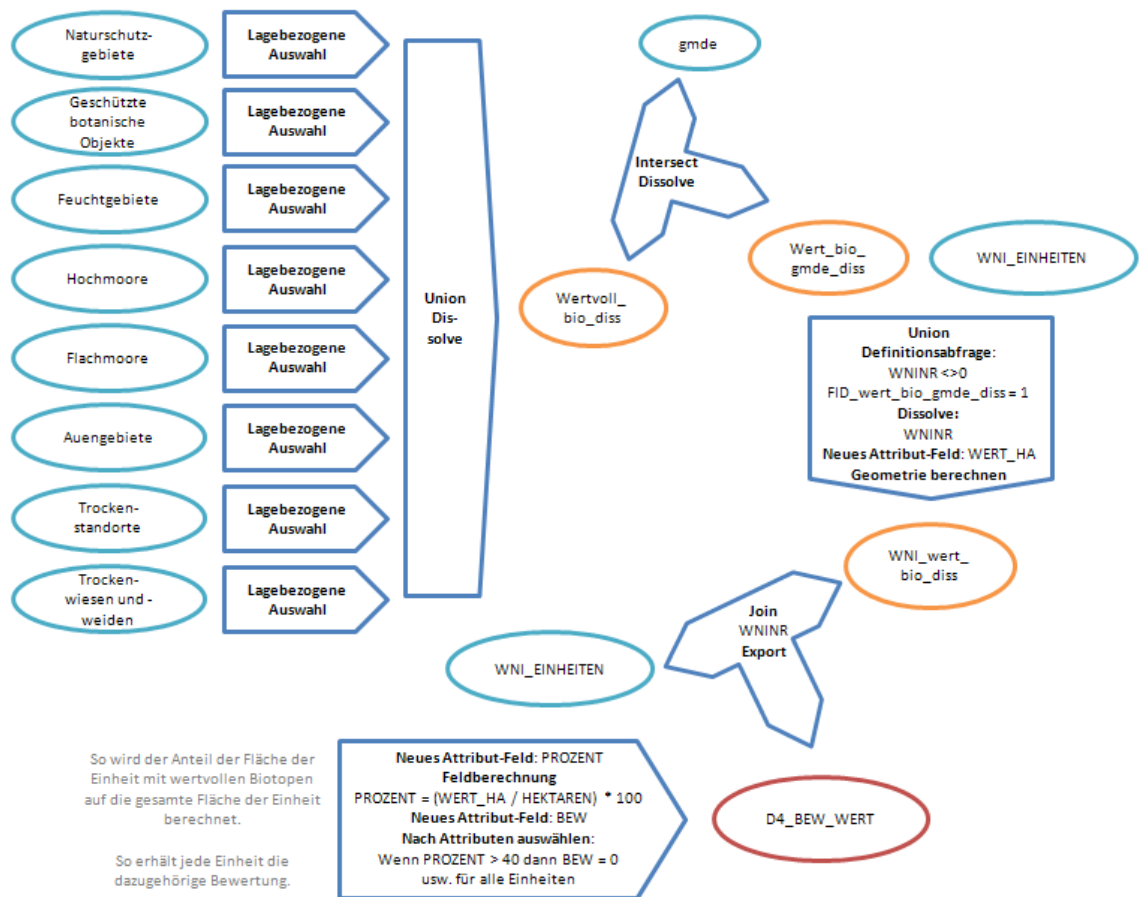


Abbildung 39: Analyseschema Indikator D4 Wertvolle Biotope

Bewertung: Anteil der Fläche der Waldeinheit mit wertvollen Biotopen im Verhältnis zur Gesamtfläche der Waldeinheit.

Tabelle 21: Bewertung und Skalierung des Flächenanteils an wertvollen Biotopen

Flächenanteil (%)	Punkte
≤ 1	0
> 1 – 10	1
> 10 – 20	3
> 20 – 30	5
> 30 – 40	7
> 40	9

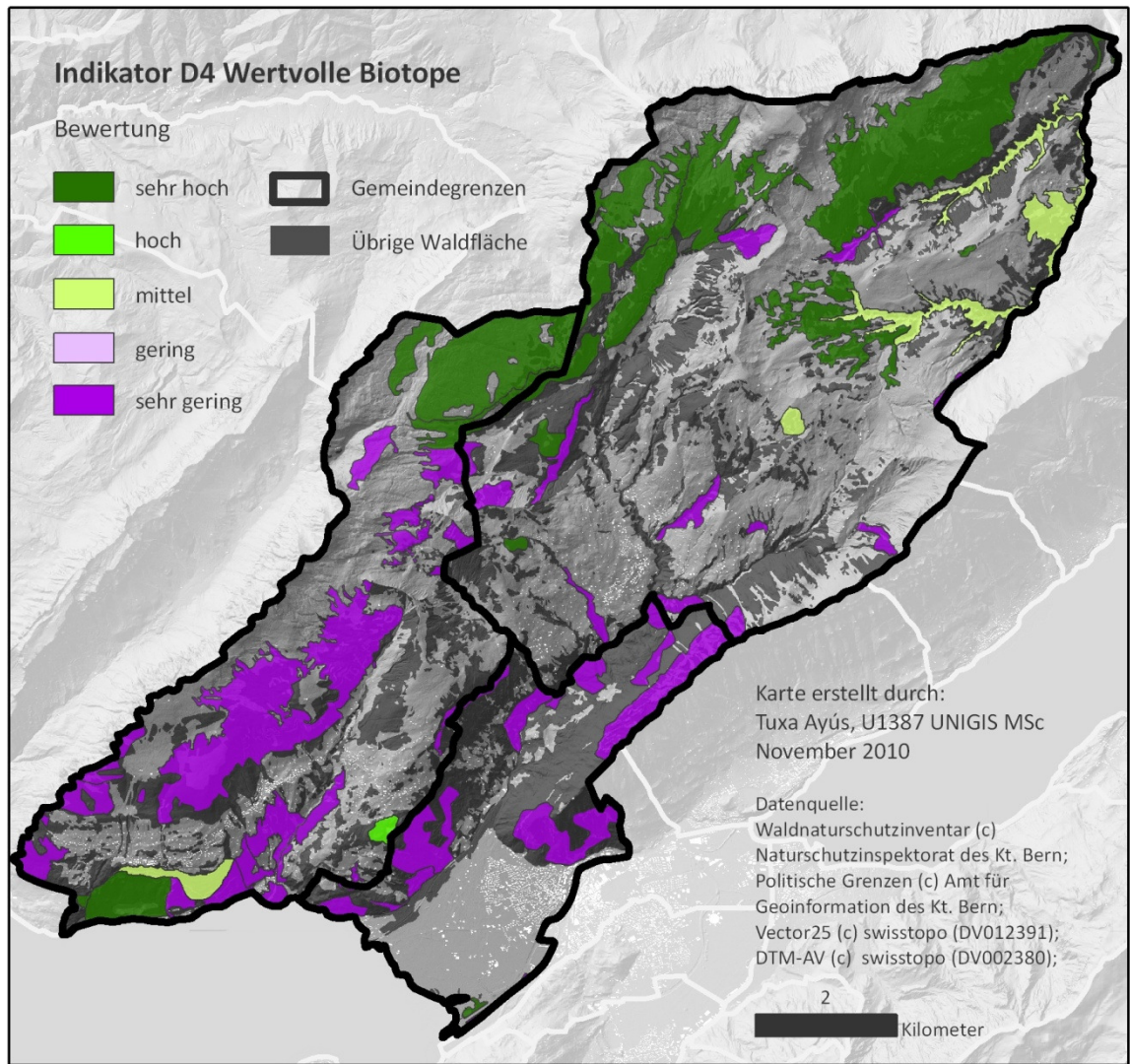


Abbildung 40: Zwischenergebnis Indikator D4 Wertvolle Biotope

4 Ergebnisse

Als Ergebnis präsentieren wir in diesem Kapitel die Kriterienkarten. Pro Waldeinheit wurde der Mittelwert der dazugehörigen Indikatorenwerte berechnet. Aus dem Mittelwert der Bewertung der Kriterien wird das Gesamtergebnis dieser Arbeit hergeleitet. Es wird als Tabelle und als Potenzialkarte dargestellt.

4.1 Kriterium A Relevanz

Das Kriterium Relevanz beinhaltet nur den Indikator WNI-Einheiten. Aufgezeigt werden die Waldeinheiten, die in die Beurteilung eingeflossen sind (vgl. Abbildung 16, S. 41). Rund die Hälfte der Waldfläche des Testgebiets wurde als WNI-Objekt aufgenommen und deshalb für die Arbeit berücksichtigt.

4.2 Kriterium B Naturnähe

Für das Kriterium Naturnähe hat keine Waldeinheit die maximale Bewertung erhalten. Die Gemeinde Habkern, gefolgt von der Gemeinde Beatenberg, hat die grösste Anzahl Waldfläche an naturnahen Wäldern. Die meisten Waldeinheiten sind relativ naturnah, nur kleine Flächen in den drei Gemeinden wurden mit einer sehr geringen Naturnähe bewertet.

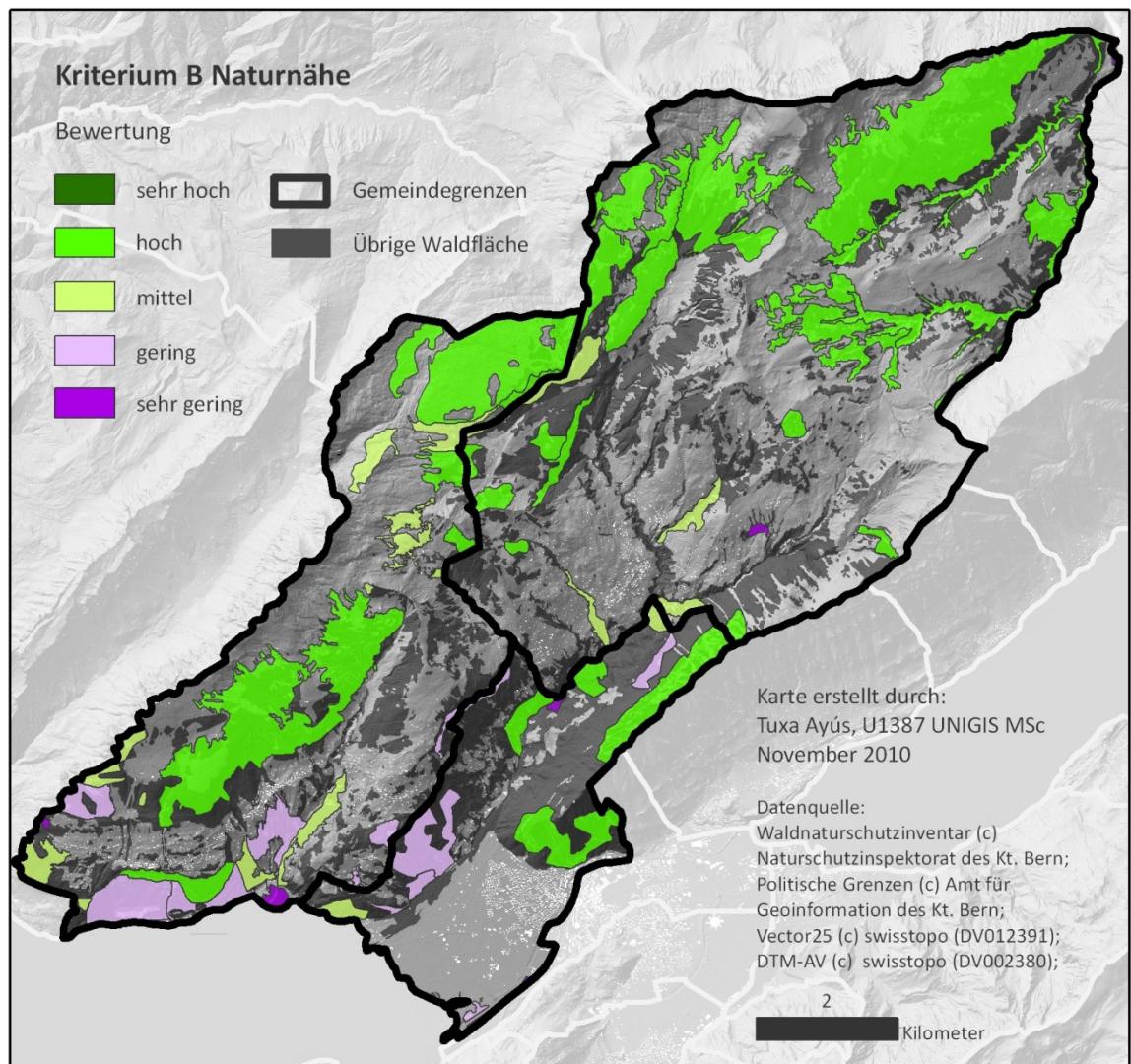


Abbildung 41: Ergebniskarte Kriterium Naturnähe

Tabelle 22: Zusammenfassung der Ergebnisse für das Kriterium Naturnähe

Gemeinde	Anzahl Waldeinheiten	Beurteilung	Fläche (Hektaren)
Habkern	54	5 – 4, hoch	1148.4
Beatenberg	7	5 – 4, hoch	683.4
Unterseen	4	5 – 4, hoch	198.4
Beatenberg	16	3, mittel	175.6
Habkern	4	3, mittel	76.9
Unterseen	2	3, mittel	23.9
Beatenberg	7	2, gering	187.6
Unterseen	7	2, gering	101.1
Habkern	1	2, gering	2.6
Beatenberg	2	0 – 1, sehr gering	11.3
Unterseen	2	0 – 1, sehr gering	7.3
Habkern	2	0 – 1, sehr gering	5.2

4.3 Kriterium C Vielfalt

Betreffend Vielfalt erhielt die ganze Region eine recht gute Beurteilung, die Gemeinde Habkern hat wieder eine sehr grosse Fläche mit der maximalen Bewertung. In der Gemeinde Beatenberg gibt es mehrere Einheiten mit der schlechtesten Beurteilung des Kriteriums Vielfalt.

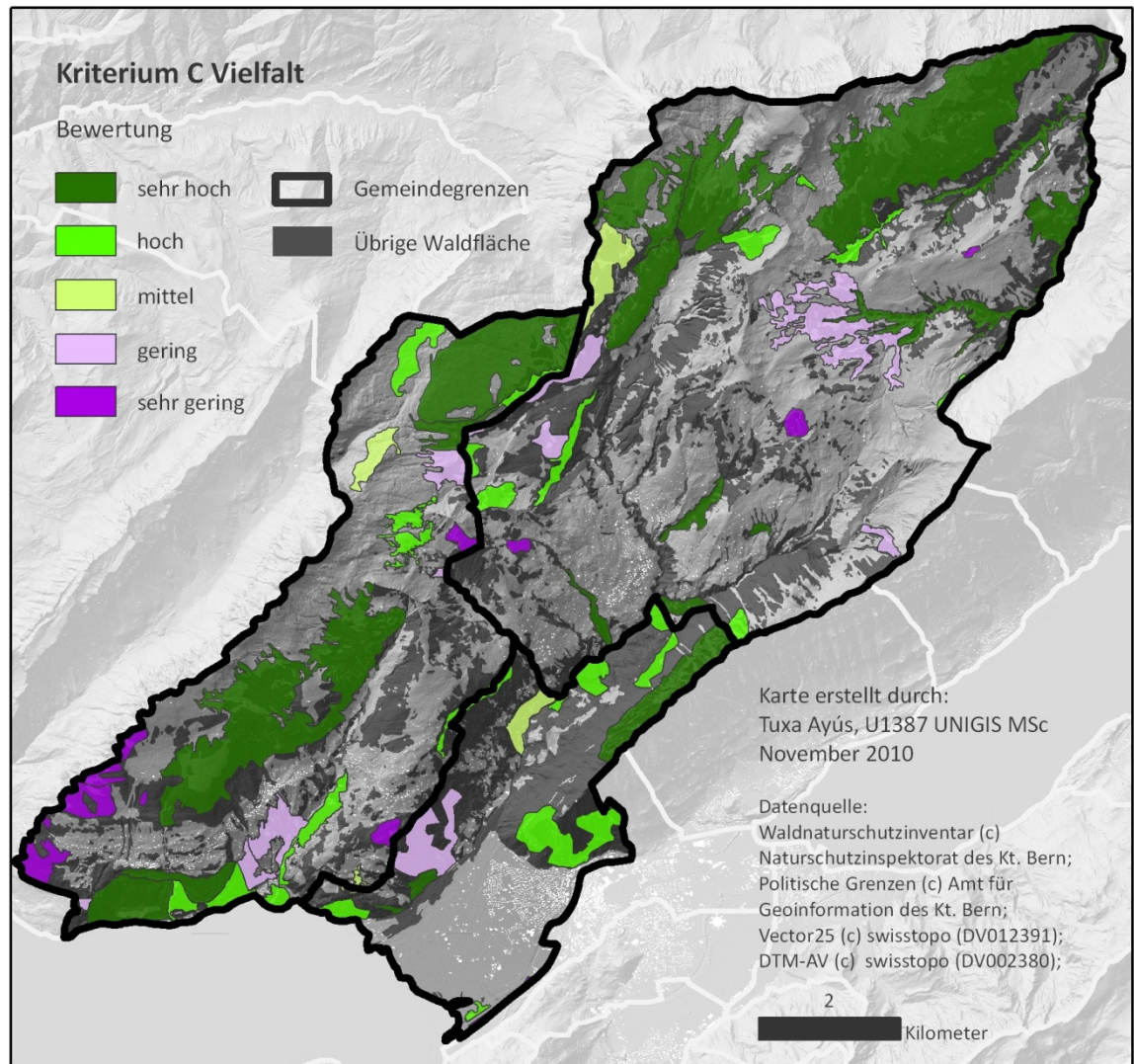


Abbildung 42: Ergebniskarte Kriterium Vielfalt

Tabelle 23: Zusammenfassung der Ergebnisse für das Kriterium Vielfalt

Gemeinde	Anzahl Waldeinheiten	Beurteilung	Fläche (Hektaren)
Habkern	11	6 – 9, sehr hoch	886.8
Beatenberg	5	6 – 9, sehr hoch	697.2
Unterseen	2	6 – 9, sehr hoch	95.9
Beatenberg	7	5 – 4, hoch	149.2
Unterseen	8	5 – 4, hoch	141.0
Habkern	9	5 – 4, hoch	105.4
Habkern	1	3, mittel	52.3
Unterseen	2	3, mittel	28.1
Beatenberg	2	3, mittel	26.4
Habkern	4	2, gering	170.3
Beatenberg	5	2, gering	82.6
Unterseen	1	2, gering	60.7
Beatenberg	7	0 – 1, sehr gering	102.3
Habkern	3	0 – 1, sehr gering	18.4
Unterseen	2	0 – 1, sehr gering	5.1

4.4 Kriterium D Seltenheit

Wiederum verfügt die Gemeinde Habkern über die grösste Fläche mit der höchsten Bewertung des Kriteriums Seltenheit. Allgemein hat die ganze Pilotregion eine hohe Bewertung dieses Kriteriums, da die meisten Waldflächen entweder die Beurteilung sehr hoch oder hoch erhielten.

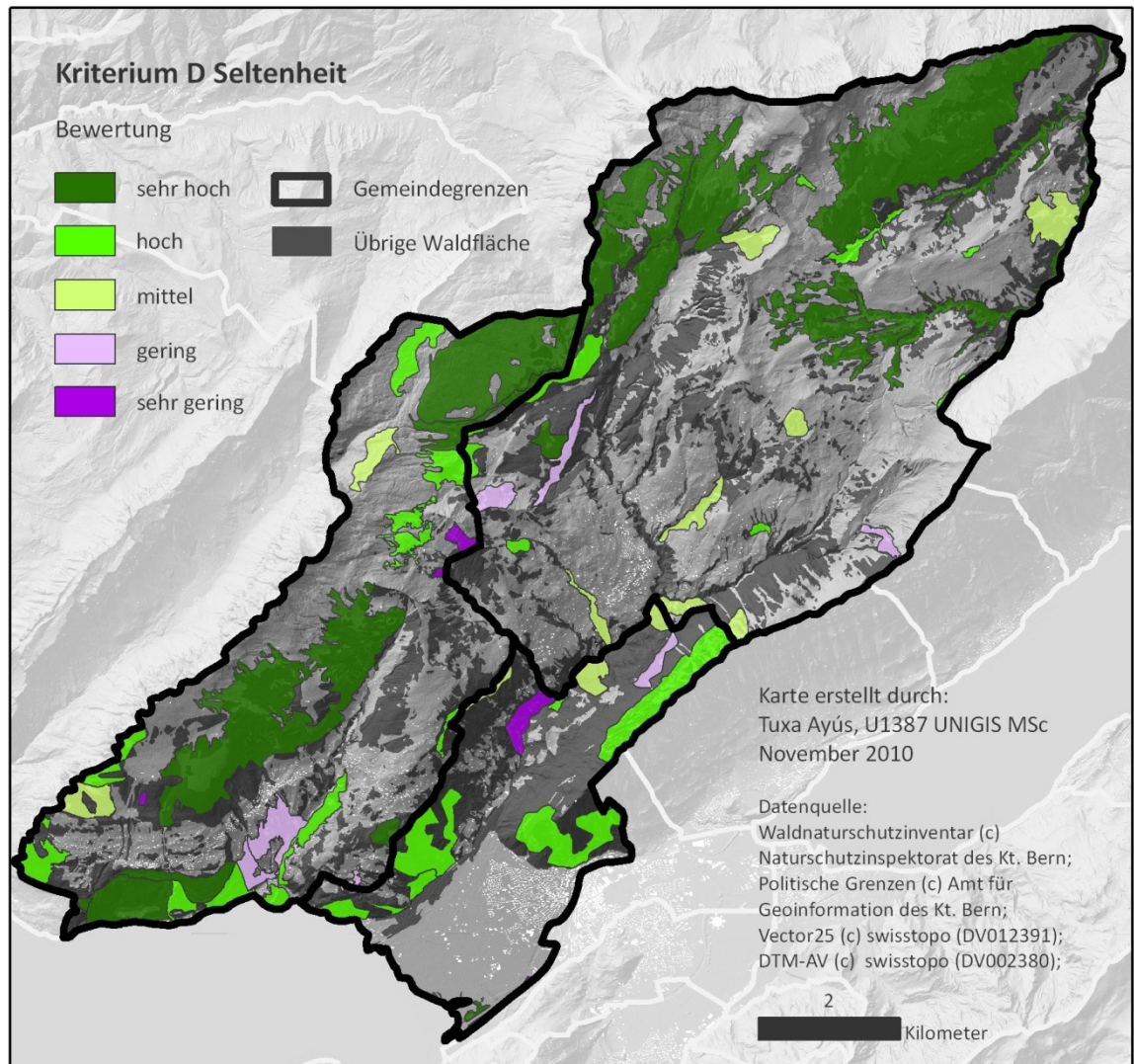


Abbildung 43: Ergebniskarte Kriterium Seltenheit

Tabelle 24: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse für das Kriterium Seltenheit

Gemeinde	Anzahl Waldeinheiten	Beurteilung	Fläche (Hektaren)
Habkern	9	6 – 9, sehr hoch	979.8
Beatenberg	8	6 – 9, sehr hoch	724.2
Unterseen	1	6 – 9, sehr hoch	3.5
Unterseen	6	5 – 4, hoch	244.4
Beatenberg	10	5 – 4, hoch	214.2
Habkern	8	5 – 4, hoch	78.6
Habkern	7	3, mittel	124.7
Beatenberg	2	3, mittel	51.2
Unterseen	3	3, mittel	36.4
Beatenberg	3	2, gering	54.3
Habkern	3	2, gering	47.8
Unterseen	2	2, gering	16.1
Unterseen	2	0 – 1, sehr gering	30.4
Beatenberg	3	0 – 1, sehr gering	14.0
Habkern	1	0 – 1, sehr gering	2.6

4.5 Potenzialkarte

Aus dem arithmetischen Mittel der Kriterienbewertungen ergibt sich die Gesamtbewertung, die als Potenzialkarte dargestellt wird. Gut ein Fünftel der Waldfläche in der Pilotregion (vgl. Tabelle 25) wurde mit einem sehr hohen Potenzial eingestuft. Wenn wir die Flächen mit einem überdurchschnittlichen Potenzial dazu zählen, eignet sich die Hälfte der Waldfläche zur Errichtung von Waldreservaten. Somit sollten diese Flächen für die Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.

Tabelle 25: Übersicht der Ergebnisse als Flächenstatistik

	Anzahl Waldeinheiten	Fläche (Hektaren)	Anteil an der Waldfläche ² (%)
Sehr hohes Potenzial	7	1 034	21
Überdurchschnittliches Potenzial	49	1 458	29
Durchschnittliches Potenzial	13	131	3
Summe	69	2 623	53

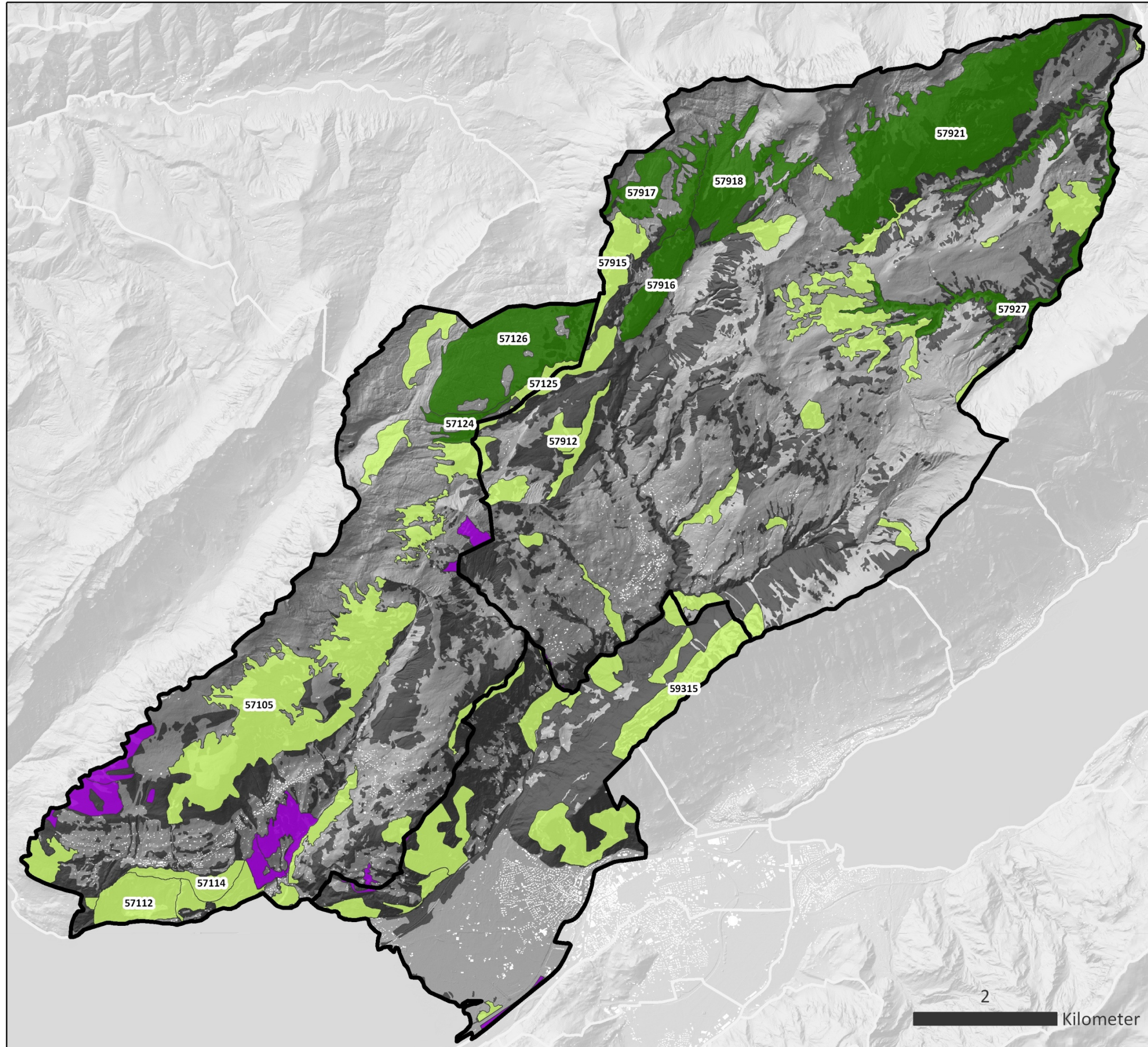
Die Waldeinheiten, welche die besten Bewertungen erhalten haben, werden in der Tabelle 26 zusammengefasst. Die vollständige Tabelle mit allen Bewertungen und Ergebnissen befindet sich im Anhang.

Es gibt fünf Waldeinheiten mit total rund 800 Hektaren in der Gemeinde Habkern mit sehr hohem Potenzial, in der Gemeinde Beatenberg sind es zwei mit total 234 Hektaren. Für die Gemeinde Unterseen gibt es nur eine Waldeinheit von 84 Hektaren, welche die Klassifizierung „überdurchschnittlich“ mit fünf Punkten erhalten hat.

² Der Anteil an der Waldfläche basiert auf einer Gesamtwaldfläche von 5 250 Hektaren und nicht auf den offiziellen 4 287 Hektaren des vector25. Den Unterschied machen 738 Hektaren Wald innerhalb der WNI-Objekte die im vector25 als Nicht-Wald klassifiziert wurden aber für unsere Arbeit als Wald gelten. Vgl. Kapitel 3.6.1, S. 40.

Tabelle 26: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Klassifizierung der Wälder nach ihrem Potenzial






Gemeinde	Waldeinheit	Beurteilung (Potenzial)	Fläche (Hektaren)
Habkern	57917, Trogen	7, sehr hoch	88
Habkern	57918, Innerbärgli – Haglätsch	7, sehr hoch	129
Habkern	57921, Hohgant	7, sehr hoch	393
Beatenberg	57124, Schwendli	6, sehr hoch	24
Beatenberg	57126, Seefeld	6, sehr hoch	210
Habkern	57916, Trogenmoos	6, sehr hoch	65
Habkern	57927, Emme und Leimbach	6, sehr hoch	124
Beatenberg	57105, Dälewald-Chüematte	5, überdurchschnittlich	363
Beatenberg	57112, Balmholz	5, überdurchschnittlich	67
Beatenberg	57114, Balmfluh / unteri Allmi	5, überdurchschnittlich	33
Beatenberg	57125, Oberhalb im chalten Bach	5, überdurchschnittlich	13
Habkern	57912, Ufe Schöpfe	5, überdurchschnittlich	15
Habkern	57915, Grünenbergpass	5, überdurchschnittlich	52
Unterseen	59315, Rotenfluh	5, überdurchschnittlich	84
...			



Potenzialkarte

Potenzielle Waldreservatsflächen der Gemeinden Beatenberg, Habkern und Unterseen

Potenzial

-  sehr hoch
-  überdurchschnittlich
-  durchschnittlich
-  Gemeindegrenzen
-  Übrige Waldfläche

Karte erstellt durch:
Tuxa Ayús, U1387 UNIGIS MSc
November 2010

Datenquelle:
Walddatenschutzinventar (c) Naturschutzinspektorat des Kantons Bern; Politische Grenzen (c) Amt für Geoinformation des Kantons Bern
Vector25 (c) swisstopo (DV012391);
DTM-AV (c) swisstopo (DV002380)

Abbildung 44 Potenzialkarte

5 Analyse der Ergebnisse

Für die Pilotregion im Kanton Bern war es möglich, Wälder für potenzielle Waldreservate mittels Methoden der Geoinformatik auszuscheiden. Die Indikatoren aus der Literatur mussten teilweise angepasst werden. Nicht alle Geodaten eignen sich für die diversen Auswertungen und Analysen, wie es in der Literatur vorgeschlagen wird. Die Auswertbarkeit der Geodaten hängt vom Datenmodell und von der thematischen Tiefe ab, deshalb konnten wir beispielsweise keinen Shannon-Index mit WNI-Daten berechnen. Darüber hinaus ist die Auflösung der Aufnahme ebenfalls entscheidend, weil sie zu grob war, waren beispielsweise die Daten des Landesforstinventars für die Ermittlung des Alt- und Totholzvolumens nicht geeignet. In unserem Beispiel, da es für den Kanton Bern weder standortkundliche Kartierung noch Karten der Bestandestypen gibt, mussten wir gewisse Informationen aus anderen Quellen bzw. Geodaten (mehrheitlich aus den Daten des Wald-Naturschutzinventars) holen. In Einzelfällen musste aufgrund dieser fehlenden Geodaten auf die Beurteilung und Berechnung von einigen Indikatoren verzichtet werden, wie beispielsweise die natürliche Walddynamik oder die Strukturvielfalt des Waldes.

Mit der Potenzialkarte (vgl. Abbildung 44) und der Tabelle „Ergebnisse: Indikatoren, Kriterien und Potenzial“ (vgl. Anhang) präsentieren wir eine Klassifizierung der einzelnen Waldeinheiten, welche eine Priorisierung ermöglicht. Diese Priorisierung soll die Umsetzung der Massnahmen zur Förderung der Biodiversität erleichtern, indem sie angibt, welche Wälder aus ökologischer Sicht geeigneter sind. Es stehen für die Entscheidungsfindung klare Grundlagen zur Verfügung.

Im Folgenden soll die Objektivität der Ergebnisse abgeschätzt werden. Entscheidend für die Objektivität ist, dass alle Waldeinheiten einheitlich und mit den gleichen Indikatoren und Kriterien beurteilt und analysiert wurden. Es gibt dennoch drei Faktoren, welche eine subjektive Komponente hineinbringen: zum einen die Objektivität der vorhandenen Fachgeodaten, zum zweiten die Auswahl der Indikatoren und Kriterien und drittens die Skalierung der Indikatoren. In unserem Fall wurde versucht die Objektivität so wenig wie möglich zu beeinträchtigen, zum Beispiel mit dem Einbezug eines Fachbeirats für die Auswahl von Indikatoren und ihrer Skalierung. Aber auch das Urteil des Fachbeirates hat gewisse subjektive Aspekte. Bei den vorhandenen Fachgeodaten ist es deutlich schwieriger, deren Objektivität zu beurteilen. Die Geobasisdaten (Vector25, AVR) dürften die geringsten subjektiven Einflüsse haben. Wesentlich stärkere subjektive Komponenten enthalten die WNI-Daten, die von unterschiedlichen Kartierern erhoben wurden. Wie objektiv und einheitlich diese ihre Arbeit gemacht haben, können wir nicht beurteilen. Vgl. auch Kapitel 6.2.

Wir können jetzt einige der Fragen beantworten, die wir im Rahmen unserer Hypothese gestellt haben. Es ist möglich den Biodiversitätswert im Wald zu messen und zu ermitteln. Man braucht dafür die richtigen Indikatoren und Geodaten. In unserem Fall waren nicht alle nötigen Geodaten vorhanden, deshalb musste auf einige Indikatoren verzichtet werden (vgl. Nicht berücksichtigte Indikatoren im Kapitel 3.2.1).

Die Qualität der Geodaten war meistens ausreichend. Leider waren nicht alle nützlichen Geodaten flächendeckend vorhanden. Nachfolgend einige im Zusammenhang mit Geodaten verursachten Probleme:

- Die Daten der Amtlichen Vermessung waren zum Zeitpunkt der Arbeit nur für einen Teil des Testgebiets vorhanden.
- Einige Geodaten, wie beispielsweise die Vector25, waren für unsere Zwecke relativ ungenau bzw. ungeeignet, die Waldflächen deckten sich nicht mit den realen Waldflächen (vgl. Kapitel 3.6.1).
- Die Daten des Wald-Naturschutzinventars beziehen sich auf das gesamte WNI-Objekt (Waldeinheit) und wir hatten keine genauen Angaben zu den Teilflächen die jede besondere Waldgesellschaft belegt. Das sind Details, welche die Analysen erschwerten bzw. ungenauer machten, weil die Indikatoren an die Besonderheiten der verfügbaren Geodaten angepasst werden mussten. Es war beispielsweise aufgrund der oben erklärten Ungenauigkeit der WNI-Daten unmöglich die Diversitäts-Indizes nach Shannon zu berechnen.
- Daten über Artenvorkommen sind schwierig zu analysieren und zu beurteilen, weil sie aus Beobachtungen von privaten Personen stammen. Zum einen können wir die Qualität der Daten nicht beurteilen, zum zweiten heisst das Fehlen einer Beobachtung einer Art nicht, dass diese Art dort nicht vorhanden sein könnte. Viele Funde stammen aus systematischen Beobachtungen bzw. Kartierungen, während andere mehr zufällig aufgenommen wurden.
- Die Aktualität der Geodaten spielte auch eine Rolle. Im Rahmen des Wald-Naturschutzinventars wurden einige WNI-Objekte in unserer Region 1994 und 1995 erhoben. Merkmale wie Alt- und Totholzvolumen oder die Naturnähe können im Laufe von wenigen Jahren stark variieren. Es gab trotzdem keine Alternative für die Berechnung dieser drei Indikatoren (B4, B5, B6).

Die einzelnen Ergebnisse der Kriterien sind nachvollziehbar. Es ist generell in der Schweiz, wie auch für die drei Gemeinden der Pilotregion, nicht überraschend, dass das Kriterium B Naturnähe die „schlechteste“ Beurteilung von allen Kriterien erhalten hat. Die Schweiz ist ein

kleines und dicht besiedeltes Land. Die Landschaft, auch in diesem prealpinen Gebiet, ist relativ zerschnitten und gut erschlossen. Kleine Kernflächen, hoher potenzieller menschlicher Störungsdruck, orografisch wenig schwer zugängliche Gebiete sowie wenig Alt- und Totholz bedeuten logischerweise eine schlechte Bewertung für Naturnähe. Die Ergebnisse für die Kriterien C Vielfalt und D Seltenheit sind auch nachvollziehbar, da vor allem die Gemeinde Habkern dafür bekannt ist, dass sie einer der wichtigsten Biodiversitäts-Hotspots im Kanton Bern ist. Wertvolle Biotope sind in der Region viele vorhanden; seltene Tierarten sowie eine relativ hohe orografische und geomorphologische Strukturvielfalt belegen diese hohen Werte.

Das Gesamtergebnis scheint a priori plausibel zu sein. Aber um es genauer nachzuprüfen, sind Kontrollen im Feld sowie der Einbezug von lokalen Kennern unabdingbar. Das ist in dieser Arbeit nicht vorgesehen und so muss die Frage letztlich unbeantwortet bleiben. Es ist relativ viel, dass in unserem Testgebiet ein Fünftel der Waldfläche über ein hohes Potenzial verfügt. Wenn wir die Waldeinheiten mit einem überdurchschnittlichen Potenzial mit einbeziehen, ist insgesamt die Hälfte der Waldfläche für die Errichtung von Waldreservaten geeignet. Als Begründung kann man den hohen Wert der Gemeinde Habkern in Bezug auf die biologische Vielfalt erwähnen, ausserdem ist die Pilotregion relativ klein und deshalb nicht sehr repräsentativ. Es wäre interessant, die Ergebnisse dieser Region mit den Ergebnissen einer anderen zu vergleichen. So könnten wir prüfen, ob die Skalierung der Indikatoren richtig gesetzt wurde oder ob eine Anpassung nötig wäre.

Die Ergebnisse können für die Waldplanung auf zwei Ebenen von Bedeutung sein:

- Auf der Ebene der strategischen Planung oder der kantonalen Waldplanung (KWP) können die Ergebnisse dieser Arbeit erst nützlich sein, wenn sie für den ganzen Kanton oder für eine ganze Produktionsregion (wie zum Beispiel Mittelland, Voralpen, etc.) vorliegen. Dann könnte die Waldplanung für den ganzen Kanton aufgrund unserer Ergebnisse und nach der erwähnten Nachprüfung im Feld die Vorrangfunktion Biodiversität im Wald definieren. Aber das geht mehr in Richtung Ausblick (vgl. Kapitel 6.3).
- Auf regionaler Ebene (RWP) oder als instrumentelle Planung, können die Ergebnisse gezielter verwendet werden. Dort können die Massnahmen anhand unserer Ergebnisse und nach einer detaillierten Evaluation umgesetzt werden. So können die geeigneten Flächen für die Errichtung eines Total-, eines Teilreservats oder einer Alt- und Totholzinsel im jeweiligen RWP definiert werden.

6 Zusammenfassung, Diskussion, Ausblick

6.1 Zusammenfassung

Mit der Ratifizierung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt im Jahr 1994 hat sich die Schweiz verpflichtet, die Biodiversität zu erhalten und zu fördern. Der Schutz der Biodiversität ist zusätzlich eine wichtige Funktion des Waldes und die Waldplanung hat die Aufgabe, diese mit den anderen Funktionen des Waldes zu koordinieren. Anhand objektiver Entscheidungsgrundlagen kann diese Aufgabe vereinfacht werden. Solche Grundlagen unterstützen Entscheidungen wie zum Beispiel, welche Waldflächen primär dem Schutz der Biodiversität dienen sollen. In einem höheren Detaillierungsgrad können sie aufzeigen, wo gewisse Massnahmen zur Förderung der Biodiversität (z.B. die Errichtung eines Waldreservates) getroffen werden sollen.

Mit der vorliegenden Arbeit bezwecken wir, eine objektive Grundlage für die Entscheidungsfindung betreffend Biodiversität im Wald zu schaffen. Wir prüfen, ob es mit Methoden der Geoinformatik und unter Verwendung von vorhandenen Geodaten möglich ist, die Wälder einer Pilotregion im Berner Oberland bezüglich ihrem Potenzial für die Errichtung von Waldreservaten zu lokalisieren und zu klassifizieren.

Nur ein Teil des Entscheidungsprozesses wird mit dieser Arbeit abgedeckt. Die Waldplanung setzt die Ergebnisse der Arbeit nicht direkt um, sondern sie evaluiert die Waldflächen anhand dieser Resultate und nach einer forstfachlichen Begutachtung entscheidet sie, welche Massnahme wo in die Planung aufgenommen wird. Unsere Arbeit liefert die Grundlagen, damit die Entscheidung objektiver und leichter gefällt werden kann.

Um das Potenzial einer Waldfläche zu ermitteln, müssen wir gewisse natürliche Merkmale in quantifizierbare Faktoren umwandeln. Dafür sind Indikatoren nötig, zusammen mit den räumlichen Analysen sorgen sie für diese Umwandlung. Der limitierende Faktor für die Auswahl von Indikatoren und Analysen waren die vorhandenen Geodaten. Verschiedene Literaturquellen sowie ein Fachbeirat wurden für die Auswahl der Indikatoren und für die Bewertung und Skalierung der Ergebnisse konsultiert.

Der Kriterienkatalog umfasst ein Ausschlusskriterium und drei Bewertungskriterien. Das Ausschlusskriterium beinhaltet einen Indikator und definiert welche Waldflächen für die Beurteilung berücksichtigt werden, also welche Waldeinheiten relevant sind. Rund die Hälfte der Waldflächen der Pilotregion, 69 Waldeinheiten, hat sich als relevant herausgestellt und

wurde für die Bewertung berücksichtigt. Die drei Bewertungskriterien: Naturnähe, Vielfalt und Seltenheit beinhalten insgesamt zwölf Indikatoren die eindeutig einem der erwähnten Kriterien zugeteilt sind. Jeder Indikator wird für jede relevante Waldeinheit berechnet, als Ergebnis erhält jede Waldeinheit eine Bewertung. Pro Kriterium und Waldeinheit gibt es deshalb eine Serie von Bewertungen, die gesamte Bewertung für das Kriterium ergibt sich aus dem arithmetischen Mittelwert dieser Indikatoren. Analog ergibt sich die Gesamtbewertung bzw. der Potenzialwert der Waldflächen aus den Bewertungen der drei Kriterien.

Fünf Waldeinheiten der Gemeinde Habkern und zwei der Gemeinde Beatenberg erhielten das Potenzial „sehr hoch“ für die Errichtung von Waldreservaten, gesamthaft sind es über 1000 Hektaren (gut ein Fünftel der Walfläche des Testgebietes). Diese Waldflächen erhielten, unter Berücksichtigung der erwähnten Bewertungskriterien, die höchste Beurteilung. Zusätzlich wurden 49 Waldeinheiten mit insgesamt 1500 Hektaren, oder knapp dreissig Prozent der Waldfläche des Testgebietes, mit einem überdurchschnittlichen Potenzial beurteilt.

Beim Verfassen der Arbeit stiessen wir auf weitere Bedürfnisse. Unter anderem auf die Notwendigkeit die Resultate im Feld zu überprüfen, um die Richtigkeit der Methode zu bestätigen. Oder auf Verbesserungsmöglichkeiten, um die Objektivität der Methode zu erhöhen, beispielsweise unter Berücksichtigung weiterer Geodaten und Indikatoren sowie die Feinjustierung der Skalierung für diese Indikatoren.

6.2 Diskussion

Sowohl STOFFEL (1992) als auch WEIMANN et al. (2003) oder LANG & BLASCHKE (2007) liefern uns genügend Gründe um zu verstehen wieso jede Bewertung subjektiv ist. Wir können aber nicht kategorisch sagen, dass jede Methode, die eine Bewertung vorsieht, per se subjektiv ist. GIS-gestützte Bewertungen können objektiver durchgeführt werden, das bestätigt sogar LANG & BLASCHKE (2007). Dafür sollten sie auf gewissen räumlichen Massen basieren und weniger auf qualitativen Bewertungen. Trotzdem sind in der vorliegenden Arbeit sowohl objektivere wie auch subjektivere Bewertungen vorhanden, beispielsweise:

- Wir bewerten den Indikator B1 Menschlichen Störungsdruck (vgl. Kapitel 3.6.2) basierend auf dem Flächenanteil der Einheit mit einer Störung. Das Mass auf welches sich die Bewertung bezieht ist objektiv, weil es kein Werturteil voraussetzt.
- Im Gegensatz dazu ist der Indikator B4 Naturnähe gemäss WNI (vgl. Kapitel 3.6.5) subjektiv, die Bewertung basiert auf der Aussage des Wald-Naturschutzinventars für die jeweilige Waldeinheit. Diese Aussage ist von der subjektiven Bewertung des betroffenen Kartierers abhängig.

Es gibt aber auch andere Faktoren, welche die Objektivität beeinflussen können, und es ist anzunehmen, dass sie in unserer Arbeit präsent sind.

- Wenn die Geodaten mit wenig Objektivität erhoben wurden oder wenn sie sehr stark vom Werturteil der Person, die die Daten erhoben hat, abhängen, dann ist die Objektivität der Ergebnisse beeinträchtigt. Das ist manchmal der Fall für die Daten aus dem Wald-Naturschutzinventar und in solchen Fällen sollten diese Indikatoren aus anderen Quellen bzw. Geodaten berechnet werden.
- Die Auswahl von Indikatoren, kann die Objektivität beeinträchtigen, wenn wichtige Indikatoren für die Beurteilung aus subjektiven Gründen (politische, persönliche, etc.) nicht mit einbezogen wurden.
- Die Skalierung der Kriterien spielt ebenfalls eine Rolle. Gewissen Indikatoren kann ungewollt mehr Wichtigkeit beigemessen werden, wenn die Skalierung nicht in einem ähnlichen Rahmen geschieht wie die restlichen Indikatoren. Bei der Berechnung des arithmetischen Mittels haben alle Indikatoren eines Kriteriums die gleiche Gewichtung, aber wenn die Skalierung eines Indikators versehentlich überspitzt wurde, dann führt dieser Indikator zu einer Verzerrung der Gesamtbeurteilung.

Die Verwendung von Indikatoren, die auf objektiven Datenquellen basieren, sowie der Einbezug von kontrastierten und geprüften Skalierungen steigern die Objektivität der Methode, wenn das Vorhandensein von Geodaten nicht der limitierende Faktor ist.

Das Gesamtergebnis bzw. der Potenzialwert wurde aus dem Mittelwert der Kriterien mit der gleichen Gewichtung ermittelt. Es ist nicht klar, ob die Gewichtung der Kriterien oder sogar die Gewichtung der Indikatoren der Methode mehr Objektivität beimessen würde. Auf der einen Seite würde die Gewichtung der Kriterien eine weitere Variable in die Subjektivitätsgleichung einführen und nicht unbedingt zu mehr Objektivität führen. Sie könnte sogar kontraproduktiv sein, da gewisse subjektive Indikatoren mit diesen Verfahren aus Versehen potenziert werden könnten. Auf der anderen Seite könnte so den subjektiven Indikatoren weniger Wichtigkeit zugeordnet werden. Grundlegend für die Gewährleistung der Objektivität der Methode ist jedoch die Verwendung möglichst objektiver Indikatoren, und nicht das nachträgliche Rektifizieren der Wirkung subjektiver Ergebnisse.

Um Verfahren die eine Gewichtung vorsehen korrekt einzusetzen, müssten wir aus der Wissenschaft (Ökologie, Biologie, Zoologie, Botanik, Forstwissenschaften, etc.) genau wissen, welche Faktoren und Indikatoren mehr Einfluss auf das in Frage gestellte Potenzial haben. Das ist in solchen Disziplinen (keine ist eine genaue Wissenschaft) manchmal sehr schwierig zu eruieren.

Ein weiterer Punkt, der diskutiert werden soll ist der Entscheid über die Verwendung von WNI-Objekten als Basis-Waldeinheiten (oder *Patches*) für alle Berechnungen. Dieser Entscheid hängt zum Teil vom Ausschlusskriterium Relevanz ab, nur WNI-Objekte wurden für diese Arbeit als relevant empfunden. Die relevanten Waldflächen waren schon in Waldeinheiten eingeteilt. Wir sollten uns fragen, ob die WNI-Objekte für die Beurteilung in kleinere ähnlich grosse Waldeinheiten zerstückelt werden müssten. Die WNI-Objekte sind unterschiedlich gross, die Fläche variiert zwischen 0.7 und 393.1 Hektaren, was die Beurteilung heterogener macht und der Vergleich zwischen Einheiten manchmal erschwert. Auf der anderen Seite sind WNI-Objekte allgemein bekannt und für die praktische Umsetzung geeignet. Aussagen aus dem Wald-Naturschutzinventar beziehen sich auf das gesamte WNI-Objekt bzw. Waldeinheit, sie werden vom Forstdienst anerkannt und sind in der Waldplanung etabliert. Es wäre interessant zu prüfen, wie stark die Resultate abweichen, wenn wir kleinere und in der Fläche homogenere Waldeinheiten berücksichtigen würden. Trotzdem würde, meines Erachtens, die feinere Struktur keinen wesentlichen Vorteil erbringen.

Über das Vorhandensein von Geodaten haben wir schon viel diskutiert. Ein wesentlicher Punkt ist, dass sich nicht alle Geodaten gleich analysieren lassen. Die möglichen Analyseverfahren die

uns offen bleiben, hängen sehr stark vom Vorhandensein sondern auch von der Struktur der Geodaten bzw. vom Datenmodell ab. Auch je nach Form in der uns diese Geodaten zur Verfügung stehen, können die Analysen erschwert werden. Deshalb ist es sehr wichtig, wenn neue Geodaten erhoben werden, genau zu wissen welche Aussagen wir damit machen wollen und wie wir diese Daten auswerten wollen. Das sind wesentliche Aspekte die bei der Modellierung der Daten berücksichtigt werden müssen und denen mehr Wichtigkeit beigemessen werden soll. Für unsere Arbeit spielt das keine direkte Rolle, weil das Erheben von Daten oder das Anpassen von Datenmodellen nicht Ziel der Arbeit ist. Trotzdem haben wir oft gesehen, wie schwierig es war, einige Indikatoren anhand von WNI-Daten zu berechnen, oder wie gewisse Auswertungen gar nicht möglich waren. Bei der Datenmodellierung muss man immer auf die Auswertbarkeit der Daten achten.

Eine GIS-Bewertung ersetzt die Begutachtung durch Experten oder den Forstdienst nicht. Sie soll das Verfahren effizienter und objektiver darstellen und soll Zeit und Personalressourcen sparen. Eine GIS-Bewertung hilft beim Erstellen von fundierten Planungsgrundlagen. Solche Grundlagen sind für die erfolgreiche Planung und Durchführung von Projekten zur Biodiversität im Wald wichtig.

Der Einsatz von GIS in Prozessen der Entscheidungsfindung hat Für- und Widersprecher. Das liegt daran, dass zum einen Ergebnisse aus GIS-gestützten Bewertungsverfahren oft transparenter und nachvollziehbarer sind als andere Methoden, die nicht auf räumlichen Analysen basieren. Zum anderen aber besteht oft ein Misstrauen aufgrund mangelnder GIS-Kenntnisse seitens der Entscheidungsträger. Diese Probleme können jedoch durch folgende Massnahmen gelöst werden:

- Wenn GIS für ein Projekt in einer anderen Disziplin eingebettet ist, sollte das Fachwissen in die Methodik einfließen, um eine gute Lösung zu finden. Das setzt die Zusammenarbeit mit Fachleuten aus anderen Disziplinen voraus. Diese Zusammenarbeit kann vom Anfang an zu einem besseren Verständnis für das GIS führen.
- Klare und konstante Kommunikation: GIS-Fachleute sollen über die Möglichkeiten und Grenzen sowie über die Ziele, die mit Methoden der Geoinformatik erreicht werden können, klar informieren. Diese Information muss von Projekt zu Projekt wiederholt werden.

- Das *Black-box* Phänomen vermeiden: Die wichtigsten Prozesse sollten einfach und verständlich dargestellt werden, damit Interessierte über die Prozesse und ohne wesentliche Lücken informiert sind.
- Ergebnisse im Kontext präsentieren: Wenn wir immer nach Projektende neben der Ausgangslage und Zielsetzung die Ergebnisse präsentieren, können wir Verständnis wecken. So können GIS-Laien einen vereinfachten Prozess sehen und verstehen, dass die Resultate sich nicht aus dem Nichts ergeben.
- Einbezug von Entscheidungsträgern: Wenn wichtige Entscheidungsträger und Projektakteure GIS-Laien sind, sollte man versuchen, sie von Anfang an in den Prozess mit einzubeziehen. Wenn sie den Prozess begleiten, können sie die Ergebnisse besser nachvollziehen und auch gegenüber anderen Akteuren vertreten.

Trotzdem ist jedes Projekt und jede Situation neu und man kann nicht generalisieren. Wichtig ist zu wissen, dass durch gute Kommunikation und klare Fakten Verständnis geschaffen wird.

6.3 Ausblick

Es wäre nicht nur möglich die gleiche Methodik für den ganzen Kanton anzuwenden, sondern auch erwünscht und notwendig. Nur wenn die Beurteilung über den ganzen Kanton vorliegt, kann die Waldplanung auf kantonaler Ebene die Vorrangfunktion Biodiversität im Wald definieren. Nur so hat man einen Gesamtüberblick über den ganzen Kanton, was die planerischen Aufgaben deutlich vereinfacht.

Zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit konnte die Methodik nicht für den ganzen Kanton angewendet werden, da das Wald-Naturschutzinventar in diesem Moment nicht für den ganzen Kanton vorhanden war (vgl. Abbildung 13, S. 28). Dies machte eine gesamtkantonale Beurteilung zu diesem Zeitpunkt unmöglich.

Für die gesamte Schweiz wäre die Anwendung der vorgestellten Lösung nicht völlig ausgeschlossen, aber entsprechend schwierig. Das wurde schon früh beim Verfassen der Arbeit deutlich, da wir uns zum Teil auf die Methoden von BURNAND et al. (2007) gestützt haben. In ihrem Werk definieren die Autoren Indikatoren für die ökologische Bewertung der Wirtschaftswälder der Schweiz. Für viele dieser Indikatoren wäre eine Berechnung ohne eine Anpassung für den Kanton Bern unmöglich. Diese Anpassung geht über die genaue Definition des Indikators, die verwendeten Geodaten sowie die Skalierung und Bewertung der Ergebnisse hinaus. Deshalb müsste die in dieser Arbeit angewendete Methodik angepasst werden, damit sie ähnlich für die gesamte Schweiz verwendet werden könnte. Der Grund dafür ist nochmals die Verfügbarkeit der Geodaten, und besonders die Verfügbarkeit des Wald-Naturschutzinventars. Das Inventar existiert nur für den Kanton Bern (in ähnlicher Form auch nur für die Kantone Solothurn und Fribourg). Die Methodik sollte für die ganze Schweiz homogen auf den gleichen Geodaten basieren, denn sonst wären die Ergebnisse nicht vergleichbar. Nach gewissen Anpassungen wäre es jedoch leicht möglich, die Methode oder Teile davon in anderen Kantonen zu verwenden.

Die vorgestellten Ergebnisse sollten im Feld und unter Einbezug von lokalen Kennern nachgeprüft werden. Nach der Evaluation, sollten, wenn nötig, die Indikatoren und Kriterien sowie die Skalierung ihrer Ergebnisse nochmals überdacht werden. Eine Nachanpassung oder die Feinjustierung des Modells ist auch ein möglicher nächster Schritt für die Fortsetzung dieser Arbeit, mit dem die Nachvollziehbarkeit und die Objektivität des Modells erhöht werden können. Um eine Verbesserung, Weiterentwicklung und wissenschaftliche Absicherung der Methode zu gewährleisten, müssen neue wissenschaftliche Erkenntnisse, vor allem die der WSL in der Schweiz, berücksichtigt werden.

Sollte in Zukunft eine Bestandeskartierung und eine Standortkartierung flächendeckend für den Kanton Bern zur Verfügung stehen, müssten die Indikatoren angepasst werden, damit sie basierend auf diesen neue Daten berechnet würden. Das Gewicht des Wald-Naturschutzinventars wird kleiner, wenn zusätzlich andere Daten berücksichtigt werden. Dadurch würde auch die Objektivität der Methode höher, weil die meisten Indikatoren nicht aus den gleichen Datenquellen stammten. Ebenfalls sollten die, aufgrund fehlender Geodaten für diese Arbeit nicht berücksichtigten Indikatoren, doch berücksichtigt werden, sobald die nötigen Geodaten vorhanden sind.

Abgesehen von den letzten Ideen über die Nachanpassung der Methode und den Einbezug von neuen Datenquellen, sollte die Methode, so bald wie möglich für den ganzen Kanton, angewendet werden um die potenziellen Waldreservatsflächen für das ganze Territorium zu ermitteln.

Literaturverzeichnis

BAFU: Biodiversität im Wald. (2010). <http://www.bafu.admin.ch/biodiversitaet/07982/> (April 2010)

BAFU (Hrsg.) (2009): *Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009.* Schweizerische Eidgenossenschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern.

BDM & BAFU: Basisdaten aus dem Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM. Alle Indikatoren in Kürze (2007). www.biodiversitymonitoring.ch (März 2010)

BILL, R. (1999): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 2 – Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen.* Herbert Wichmann Verlag. Heidelberg.

BUWAL (Hrsg.) (1998): *Praxishilfe. Konkreter Naturschutz im Wald.* Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.

BUWAL & WSL (Hrsg.) (2005): *Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes.* Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Bern.

BURNAND, J.; KELLER, F.; RUTISHAUSER, U.; STOCKER, R.; WOHLGEMUTH, T. (2007): *Ein Werkzeug zur ökologischen Bewertung der Wirtschaftswälder im Mittelland. Projektbericht.* Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.

KAWA (Hrsg.) (2009): *Biodiversität im Wald. Kreisschreiben 6.2/2.* Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern. Amt für Wald. Bern.

KAWA (Hrsg.) (2008) *Regionaler Waldplan Beatenberg – Habkern – Unterseen 2009 – 2022. RWP Nr. 14.* Amt für Wald des Kantons Bern. Waldabteilung 1 Oberland Ost. Schloss 5, 3800 Interlaken.

KAWA & LANAT (Hrsg.) (2007): *Biodiversität im Wald. Entschädigungen für Naturschutzleistungen im Wald im Kanton Bern.* Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern. Amt für Wald. Amt für Landwirtschaft und Natur. Bern.

LANG, S. & BLASCHKE, T. (2007): *Landschaftsanalyse mit GIS.* Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

LIEBIG, W. & MUMMENTHEY, R.-D. (2005) *ArcGIS-ArcView9 Band 1: ArcGIS-Grundlagen.* Points Verlag Norden, Halmstad

LIEBIG, W. & MUMMENTHEY, R.-D. (2005): *ArcGIS-ArcView9 Band 2: ArcGIS-Analysen*. Points Verlag Norden, Halmstad

MITCHELL, A. (1999): *The ESRI® Gide to GIS Analysis. Volume 1: Geographic Patterns & Relationships*. ESRI Press.

MOSER, D.; GYGAX, A.; BÄUMLER, B.; WYLER, N.; PALESE, R. (2002): *Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.

NSI (Hrsg.) (2006): *Wald-Naturschutzerhebungen im Kanton Bern (WNI): Kartierungsanleitung*. Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern. Amt für Landaschaft und Natur. Naturschutzinspektorat des Kantons Bern. Schwand bei Münsingen.

SCHERZINGER, W. (1997) *Kritische Formulierung einer Zieldiskussion zum Naturschutz im Wald*. Bundesministerium für Wissenschaft, Verkehr und Kunst in Wien. Eigenverlag des EVCV, Bürs.

STOFFEL, A. (1992): *GIS als Instrument zur ökologischen Wertanalyse*. Geo-Processing Reihe. Geografisches Institut der Universität Zürich.

VOLK, H. & HAAS, T. (1990): *Waldbiotopkartierung und Waldbiotopbewertung. Allgemeine Grundlagen und Ergebnisse. Heft 153*. Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau.

WEIMANN, J.; HOFFMANN, A.; HOFFMANN, S. (Hrsg.) (2003) *Messung und ökonomische Bewertung von Biodiversität: Mission impossible?* Metropolis-Verlag, Marburg.

WSL (2008) *Vielfältige Biodiversitätsforschung an der WSL (Faktenblatt)*. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.

ZIMMERLI, S. (1994) *Wald-Naturschutzerhebungen im Kanton Bern. Vorprojekt. Grundlagenbericht*. Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern. Naturschutzinspektorat des Kantons Bern. Bern.

Andere allgemein interessante Quellen:

Gemeinde Beatenberg: <http://www.beatenberg.ch/>

Gemeinde Habkern: <http://www.habkern.ch/>

Gemeinde Unterseen: <http://www.unterseen.ch/>

Übereinkommen über die biologische Vielfalt: http://www.admin.ch/ch/d/sr/0_451_43/

Anhang

Ergebnisse: Indikatoren, Kriterien und Potenzial

Gemeinde	Waldeinheit		Kriterium B							Kriterium C			Kriterium D					Potenzial	Fläche (ha)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B	C1	C2	C	D1	D2	D3	D4	D		
Habkern	57917	Trogen	7	0	4	8	1	3	4	5	9	7	99	9	9	9	9	7	87.82
Habkern	57918	Innerbärgli - Haglätsch	5	0	6	8	3	5	4	5	9	7	99	9	9	9	9	7	128.92
Habkern	57921	Hohgant	7	0	8	8	3	5	5	7	8	8	3	9	9	9	8	7	393.15
Beatenberg	57124	Schwendli	3	0	3	8	1	3	3	5	9	7	99	9	5	9	8	6	24.42
Beatenberg	57126	Seefeld	5	0	8	8	1	1	4	5	6	6	99	9	9	9	9	6	210.01
Habkern	57916	Trogenmoos	7	0	7	8	1	3	4	5	6	6	99	9	9	9	9	6	64.82
Habkern	57927	Emme und Leimbach	7	1	1	5	3	5	4	7	9	8	3	9	9	3	6	6	124.43
Beatenberg	57105	Dälewald-Chüematte	3	0	0	8	3	3	3	5	6	6	99	9	9	1	6	5	362.58
Beatenberg	57112	Balmholz	0	3	8	3	0	1	2	5	8	6	4	9	9	9	8	5	67.44
Beatenberg	57114	Balmfluh/unteri Allmi	3	3	4	8	5	0	4	5	6	6	3	9	8	3	6	5	32.79
Beatenberg	57125	Oberhalb im chalten Bach	7	7	1	8	1	3	4	1	8	4	99	7	3	9	6	5	13.45
Habkern	57912	Ufe Schöpfe	7	0	4	5	3	3	4	1	4	2	99	7	9	9	8	5	14.71
Habkern	57915	Grüenenbergpass	5	0	6	8	1	3	4	3	3	3	99	9	9	9	9	5	52.30

Gemeinde	Waldeinheit		Kriterium B							Kriterium C			Kriterium D					Potenzial	Fläche (ha)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B	C1	C2	C	D1	D2	D3	D4	D		
Unterseen	59315	Rotenfluh	7	6	7	8	1	3	5	5	8	6	99	9	3	0	4	5	84.05
Beatenberg	57102	Alpiglen	3	0	2	8	3	3	3	1	6	4	99	7	3	1	4	4	30.31
Beatenberg	57111	oberhalb Wolhusenflue	7	3	1	8	0	1	3	0	5	2	99	2	99	9	6	4	2.40
Beatenberg	57113	Chrutbach/ Beatushöhlen	0	5	4	3	0	1	2	1	6	4	4	7	9	1	5	4	31.56
Beatenberg	57118	Sundgraben	3	6	3	8	0	0	3	1	6	4	3	7	5	0	4	4	25.02
Beatenberg	57123	Wagemoos	7	0	5	8	1	0	4	0	9	4	99	2	3	9	5	4	29.97
Habkern	57902	Luegiboden	3	0	3	3	5	3	3	3	8	6	99	5	99	1	3	4	12.55
Habkern	57903	Rotenfluh	7	6	4	8	1	3	5	1	8	4	99	7	3	0	3	4	9.83
Habkern	57905	Hammoos	1	0	0	5	0	0	1	3	9	6	99	5	9	0	5	4	3.44
Habkern	57907	Bolbach	5	3	2	5	1	1	3	3	8	6	99	7	3	0	3	4	18.16
Habkern	57908	Habbach	3	4	2	8	1	0	3	3	8	6	99	5	3	0	3	4	12.46
Habkern	57910	Ufem Stand	7	0	5	8	3	5	5	3	6	4	99	4	99	0	2	4	17.51
Habkern	57911	Chromattewald	7	0	2	8	3	1	4	5	3	4	99	9	3	1	4	4	8.11
Habkern	57919	Westlich Widegg	7	0	5	8	5	5	5	1	6	4	99	4	3	1	3	4	21.12

Gemeinde	Waldeinheit		Kriterium B							Kriterium C			Kriterium D					Potenzial	Fläche (ha)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B	C1	C2	C	D1	D2	D3	D4	D		
Habkern	57920	Ällgäuli	7	0	0	8	3	3	4	0	8	4	3	5	3	9	5	4	2.80
Habkern	57922	Leimbach oben	7	3	1	8	3	3	4	1	9	5	3	4	9	0	4	4	15.80
Habkern	57923	Möser	7	0	3	8	3	3	4	1	4	2	3	7	9	9	7	4	111.95
Habkern	57924	Ringghuppi	7	0	0	8	3	3	4	0	8	4	3	2	9	0	4	4	7.10
Habkern	57926	Uderem Breitenried	7	0	6	5	3	5	4	3	8	6	3	4	99	3	3	4	39.34
Habkern	57928	Vordere Harzisbode	1	0	0	5	1	1	1	5	6	6	1	9	99	9	6	4	1.74
Unterseen	59302	Dälebode / Ussere Berg	1	6	4	5	0	0	3	5	4	4	99	9	3	0	4	4	13.92
Unterseen	59303	Unterhalb Luegibrüggli	1	6	2	5	0	0	2	3	8	6	99	9	5	0	5	4	11.86
Unterseen	59309	Wyssenau	0	0	0	8	1	0	2	1	9	5	3	5	9	9	6	4	3.49
Unterseen	59310	Harder	3	6	6	5	3	3	4	3	6	4	1	9	9	0	5	4	70.83
Unterseen	59312	Bim Rossgrind	5	3	5	5	3	5	4	3	4	4	99	5	3	0	3	4	17.49
Beatenberg	57101	NE Gstapf	7	0	4	8	3	3	4	1	4	2	99	7	3	1	4	3	26.45
Beatenberg	57110	Chrachenwald	5	0	5	5	1	1	3	1	1	1	99	7	99	0	4	3	27.15
Beatenberg	57117	Sundlauenen	0	0	4	0	0	0	1	1	6	4	3	7	9	0	5	3	8.87

Gemeinde	Waldeinheit		Kriterium B							Kriterium C			Kriterium D					Potenzial	Fläche (ha)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B	C1	C2	C	D1	D2	D3	D4	D		
Beatenberg	57119	Unterholz	3	0	4	3	0	1	2	0	1	0	99	5	9	5	6	3	11.13
Beatenberg	57121	unterhalb Waldegg u. Holzflüe	7	6	0	0	0	1	2	1	8	4	99	7	99	0	4	3	10.05
Beatenberg	57122	Loubenegg	3	0	4	8	1	0	3	0	6	3	99	5	5	0	3	3	23.37
Habkern	57904	Flöschwald	7	0	2	8	7	5	5	1	2	2	99	4	99	1	2	3	9.84
Habkern	57906	Ryscherli	7	0	5	8	5	3	5	0	2	1	99	2	3	3	3	3	10.81
Habkern	57909	Hinteres Läger	7	0	3	8	5	3	4	0	2	1	99	2	3	9	5	3	5.44
Habkern	57913	Undere Schöpfe	7	6	1	3	3	3	4	0	9	4	99	2	3	1	2	3	20.53
Habkern	57914	Im chalten Bach	5	0	3	5	3	3	3	0	4	2	99	2	3	7	4	3	33.78
Habkern	57925	Hindere Nolle	7	0	0	8	3	3	4	0	1	0	99	2	3	9	5	3	2.13
Unterseen	59304	Chienberg	1	0	5	3	1	1	2	1	2	2	1	6	9	0	4	3	60.74
Unterseen	59305	Waldegg-Holzflüe	7	6	0	0	0	1	2	1	6	4	3	7	99	0	3	3	8.93
Unterseen	59306	Stollen	5	6	4	3	1	3	4	0	6	3	99	2	99	0	1	3	26.05
Unterseen	59311	Rohräbeni	3	0	0	3	1	0	1	1	8	4	99	2	9	0	4	3	2.97
Unterseen	59313	Luegiboden	3	0	4	3	3	3	3	3	4	4	99	5	3	1	3	3	10.00

Gemeinde	Waldeinheit		Kriterium B							Kriterium C			Kriterium D					Potenzial	Fläche (ha)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B	C1	C2	C	D1	D2	D3	D4	D		
Unterseen	59314	Luegiwald	3	3	2	3	1	1	2	1	9	5	3	4	99	0	2	3	13.33
Beatenberg	57103	E Alpiglen	7	1	0	8	3	1	3	0	4	2	99	0	99	0	0	2	2.58
Beatenberg	57104	S Guggihürli	7	0	3	8	5	3	4	0	1	0	99	0	3	0	1	2	9.69
Beatenberg	57107	Howald	1	0	3	8	1	3	3	0	1	0	99	2	9	0	4	2	22.39
Beatenberg	57108	Brüntschwald	1	0	4	5	0	0	2	1	1	1	99	7	3	0	3	2	27.80
Beatenberg	57109	westlich Waldbrand	0	0	0	5	0	0	1	1	0	0	99	7	99	0	4	2	2.46
Beatenberg	57115	Schwendi Wald	1	3	3	3	3	3	3	0	4	2	3	2	3	0	2	2	14.68
Beatenberg	57116	Fitzlisgraben/Schwendiwald	1	3	5	5	0	0	2	0	4	2	3	2	99	1	2	2	36.53
Beatenberg	57120	westlich Hole	0	0	0	5	5	1	2	0	6	3	99	3	99	0	2	2	3.08
Habkern	57901	Stollen	1	6	0	3	1	3	2	0	9	4	99	2	99	0	1	2	2.62
Unterseen	59301	Westlich Hole	0	0	0	5	5	1	2	0	6	3	99	3	99	0	2	2	2.04
Beatenberg	57106	Chüngwald	7	0	0	8	1	1	3	0	0	0	99	2	99	0	1	1	1.71
Unterseen	59307	Unterholz	7	0	0	3	0	1	2	0	1	0	99	5	99	0	2	1	0.74
Unterseen	59308	Auwald	0	0	0	3	5	0	1	0	1	0	99	0	3	0	1	1	4.36