

Zwischen Wildnis und Kulturland

Eine GIS-gestützte Analyse der Hemerobie- und Wildnisgrade
in der UNESCO Biosphäre Entlebuch

Bachelorarbeit

im Studiengang der Umweltnaturwissenschaften

Erstellt von
Simon Blatter
09-920-935

im Herbstsemester 2013
an der Eidgenössisch technischen Hochschule Zürich

Betreut durch Sarah Salvini und Florian Knaus

DUSYS
Departement
Umweltsystemwissenschaften

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

 **UNESCO BIOSPHÄRE
ENTLEBUCH**
LUZERN SCHWEIZ

Danksagung

Herzlich danken möchte ich insbesondere Florian Knaus und Sarah Salvini für ihre kompetente Hilfe bei Fragen zu meinem Vorgehen oder zur Biosphäre Entlebuch im Speziellen sowie zur Handhabung der GIS-Software.

Ich danke allen Dienststellen und Abteilungen des Kantons Luzern für die bereitwillige Herausgabe der benötigten Geodaten und für die kompetente Beantwortung von fachspezifischen Fragen.

Weiter möchte ich meinen Mitstudenten Felix Weber und Luzia Meier, beide ebenfalls Verfasser einer Bachelorarbeit mit GIS, für ihre Anregungen und Tipps danken.

Enrico Celio möchte ich für die Bereitstellung und Erarbeitung des Landwirtschaftsintensitätsmodells ganz herzlich danken.

Kurzfassung

Diese Arbeit bewertet den Hemerobiegrad und den Wildnisgrad in der UNESCO Biosphäre Entlebuch (UBE) anhand einer flächendeckenden Karte. Ausgegangen wird in dieser Arbeit von einem möglichst breiten Spektrum an menschlich verursachten Störungen, von welchen die aussagekräftigsten ausgewählt werden. Die ausgewählten menschlichen Störungen werden mithilfe einer Hemerobieskala bewertet und zu einem einzigen, den Hemerobiegrad berechnenden, Modell zusammengeführt. Der Hemerobiegrad bezeichnet dabei das Ausmass der Gesamtheit der Eingriffe des Menschen auf die Natürlichkeit von Lebensräumen und wird in dieser Arbeit mithilfe einer einheitslosen Skala mit Werten zwischen 1 und 10 dargestellt. Die Bewertung der Landschaft der UBE bezüglich des Hemerobiegrades erfolgt mithilfe von Geoinformationssystemen (GIS). Einfluss auf die Bewertung haben folgende Elemente: Die Landwirtschaft, die Bewirtschaftung der Waldflächen, der Tourismus, die Versiegelung durch Siedlungs- und Strassenbau sowie der Strassen- und Eisenbahnverkehr. Die Gesamtheit der Störungen, welche diese Ebenen beinhalten, wird anhand einer Maximalwertbewertung verrechnet und ergibt das Endresultat in Form einer Karte.

Betrachtet man das Modell und die daraus resultierenden Ergebnisse fällt auf, dass nicht alle betrachteten Störungen einen gleich starken Einfluss haben. Am bedeutendsten sind die Einflüsse der Landwirtschaft, welche den Hemerobiegrad von 46.5% der Fläche der UBE bestimmen und die Waldflächen, welche einen Flächenanteil von 37% bestimmen. Zwecks Vereinfachung und praktikablerer Anwendung auf weitere Gebiete wird in dieser Arbeit die Möglichkeit diskutiert, die Einflüsse des Tourismus und des Verkehrs für weitere Anwendungen wegzulassen. In dieser Arbeit werden sie aber bewusst beibehalten um eine höheren Genauigkeitsgrad zu erzielen und um das die erwünschte Breite des betrachteten Spektrums an Störungen zu gewährleisten. Das Endresultat dieser Arbeit kann als vergleichendes Instrument gesehen werden, das die Stärke des menschlichen Einflusses und damit indirekt den Grad des Kultureinflusses und der Naturnähe darstellt. Die Werte sind nicht als absolut zu betrachten, sondern stellen Vergleichswerte dar, mit welchen verschiedene Landschaftsflächen untereinander verglichen werden können.

Die Verteilung der Hemerobiegrade wird vor allem durch die Eignung der Landschaft als landwirtschaftliches Kulturland oder als Siedlungsfläche bestimmt. So sind die Talflächen am stärksten betroffen von intensiver Bewirtschaftung durch die Landwirtschaft und weisen am meisten Eingriffe durch Strassen- und Siedlungsbau auf. Mit zunehmender Entfernung zur Talebene nehmen die Auswirkungen durch Siedlung und Verkehr stark ab, während die Landwirtschaft immer extensiver geführt wird. Daneben stellen vor allem die Waldflächen sehr naturnahe Flächen dar. Die Resultate belegen die Naturnähe der UBE mit insgesamt 63% als naturnah und 37% als kulturbestimmt klassifizierten Flächen. Innerhalb der kulturbestimmten Flächen sind 21.3% vom Menschen überprägt. Dies stellt trotz einem hohen Anteil an naturnahen Flächen ein wichtiges, landschaftsprägendes Merkmal dar. Es besteht in der UBE damit ein sehr starker Hemerobiegradient von der Talebene hin zu den höher gelegenen Gebieten.

Mit dieser Arbeit wurde ein Instrument geschaffen, welches zusätzliche Informationen für Vorhaben des Naturschutzes, der Landschafts- und Raumplanung beisteuern kann. Wünschenswert wäre in Zukunft zusätzlich eine Anwendung dieses Modelles auf weitere Gebiete, um dadurch eine Vergleichsbasis für die hier erhaltenen Hemerobiewerte zu schaffen.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Kurzfassung.....	5
1. Einleitung	10
1.1. Ziele	10
1.2. UNESCO Biosphärenreservat Entlebuch.....	10
2. Grundlagen zur Wildnisbewertung	12
2.1. Definition von “Wildnis“	12
2.2. Definition von “Hemerobie“	12
3. Vorgehen und Methode	13
3.1 Anwendung der Konzepte von Wildnis und Hemerobie.....	13
3.2. Der Hemerobieindex	14
3.3. Störungsebenen	15
3.4. Störungsbewertung	15
3.5. Verrechnung der Störungsebenen	15
3.6. Software	16
3.6.1. Geoinformationssysteme	16
3.6.2. ArcGIS.....	16
3.7. Datengrundlage.....	16
3.7.1. Bestehende Daten.....	16
3.7.2. Eigene Erhebungen	18
4. Umsetzung und Resultate.....	19
4.1. Störungsebene Tourismus.....	19
4.1.1. Tourismus im Entlebuch.....	19
4.1.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung.....	19
4.1.3. Umsetzung als Modell	21
4.1.4. Resultate der Tourismusebene.....	22
4.2. Störungsebene Bodenversiegelung	22
4.2.1. Bodenversiegelung im Entlebuch	22
4.2.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung.....	23
4.2.3. Umsetzung als Modell	23
4.2.4. Resultat der Versiegelungsebene.....	24
4.2.5. Verifizierung.....	24
4.3. Störungsebene Landwirtschaft.....	25
4.3.1. Beschreibung der Landwirtschaft im Entlebuch	25

4.3.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung.....	26
4.3.3. Analyse der Störungsklassen der Landwirtschaft.....	28
4.3.6. Bedeutung der Moorflächen für die Landwirtschaft.....	33
4.3.7. Verifizierung anhand von Ortobildern.....	34
4.4. Störungsebene Forstwirtschaft.....	35
4.4.1. Bedeutung des Waldes in der UBE.....	35
4.4.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung.....	36
4.4.3. Umsetzung als Modell.....	36
4.4.4. Resultate.....	38
4.5. Störungsebene Lärm- und Emissionsbelastungen.....	39
4.5.1. Bedeutung von Lärm und Emissionen durch Verkehr.....	39
4.5.2. Das Lärmmodell SonBASE.....	39
4.5.3. Resultate.....	40
4.6. Verworfen Störungsklassen.....	41
4.6.1. Fragmentierung.....	41
4.6.1.1. Definition der Fragmentierung.....	41
4.6.1.2. Beschreibung der Fragmentierung in der UBE.....	42
4.6.1.3. Begründung für den Verwurf der Fragmentierungsebene.....	43
4.6.2. Störungsebene Licht.....	43
4.6.2.1. Lichtemissionen und ihre Auswirkungen.....	43
4.6.2.2. Begründung für den Verwurf der Lichtstörungsebene.....	44
4.7. Endresultat Hemerobiewertkarte.....	45
4.7.1. Sensitivitätsanalyse.....	46
4.7.2. Vergleich der Hemerobiebewertung mit dem Höhenmodell.....	46
4.7.3. Vergleich mit der Kernzone des Biosphärenreservats.....	48
5. Diskussion.....	48
5.1. Hemerobiegrade im Entlebuch.....	48
5.2. Modell.....	49
5.3. Schlussfolgerungen und Ausblick.....	50
6. Literaturverzeichnis.....	52
7. Anhang.....	54
7.1. Modelle.....	54
7.1.1. Tourismusmodell.....	54
7.1.2. Waldmodell.....	55
7.1.3. Landwirtschaftsmodell.....	58
7.1.4. Bodenversiegelungsmodell.....	59
7.1.5. Modell für Verkehrslärm und Emissionen.....	60

7.1.6. Fragmentierungsmodell.....	61
7.1.7. Lichtemissionsmodell	62
7.1.8. Modell Endresultat	63
7.1.9. Modell zur Korrelation zwischen Höhenmodell und Hemerobiegrad	63
7.1.10. Modell zur Routentreue von Wintersportlern	64
7.2. Zusätzliche Daten.....	68
7.2.1. Werte der Lichtmessungen	68
7.3. Eigenständigkeitserklärung	69
7.4. Datenvertrag.....	70

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zonierung der UBE.....	11
Abbildung 2: Routentreue Wanderer, Schneeschuhläufer und Tourenskifahrer	20
Abbildung 3: Hemerobiewertkarte des Tourismus	22
Abbildung 4: Hemerobiewertkarte der Versiegelung	24
Abbildung 5: Versiegelungsgrad	25
Abbildung 6: Anteile Landwirtschaftskulturen in der UBE.....	26
Abbildung 7: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 4	28
Abbildung 8: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 5	29
Abbildung 9: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 6	30
Abbildung 10: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 7	30
Abbildung 11: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 8	31
Abbildung 12: Hemerobiewertkarte der Landwirtschaft.....	32
Abbildung 13: Landwirtschaftsintensitäten von Flächen mit Objekten des Moorinventars	34
Abbildung 14: Ortobild intensiver Landwirtschaftsfläche	34
Abbildung 15: Ortobild extensiver Landwirtschaftsfläche	35
Abbildung 16: Hemerobiewertkarte der Forstwirtschaft.....	38
Abbildung 17: Hemerobiewertkarte der Lärm- und Verkehrsemissionen	40
Abbildung 18: Flächenverlust durch Fragmentierung	41
Abbildung 19: Phasen der Landschaftsfragmentierung.....	42
Abbildung 20: Fragmentierungselemente bei Escholzmatt	43
Abbildung 21: Karte Lichtemissionen	44
Abbildung 22: Endresultat Hemerobiewertkarte.....	45
Abbildung 24: Vergleich der Hemerobiestufen mit der Höhenlage.....	47
Abbildung 25: Vergleich der Hemerobiestufen mit der Neigung.....	47
Abbildung 26: Vergleich der Hemerobiestufen mit der Zonierung der UBE	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hemerobistufen, abgeändert nach Klotz und Kühn (2002).....	14
Tabelle 2: Datenquellen	17
Tabelle 3: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch Tourismus	20
Tabelle 4: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe mit Bodenversiegelung	23
Tabelle 5: Pufferbreiten der Versiegelungsobjekte	24
Tabelle 6: Nährstoffintensitäten der wichtigsten Kulturen	27
Tabelle 7: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch die Landwirtschaft.....	27
Tabelle 8: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch die Forstwirtschaft	36
Tabelle 9: Erschliessungsindikatoren.....	37
Tabelle 10: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch den Verkehr	40

I. Einleitung

I.1. Ziele

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Wildnisgrad beziehungsweise dem Hemerobiegrad der UNESCO Biosphäre Entlebuch (UBE). Ziel ist es, eine vollständige Bewertung des Gebietes der UBE anhand des Wildnis- bzw. des Hemerobiegrades zu erstellen. Als Grundlage sollen vorhandene oder neu zu erfassende Geodaten dienen, welche mittels geographischer Informationssystemen (GIS) zu einem einzigen, den Wildnisgrad berechnenden Modell, führen. Diese Ausgangsdaten sollen ein möglichst breites Spektrum an verschiedenen menschlichen Einflusskategorien abdecken. Das Endresultat ist eine Karte mit einer flächendeckenden Bewertung der Wildnis anhand von Hemerobie-Klassen für das UNESCO Biosphärenreservat.

Die Resultate sollen nicht als absolutes Mass für die Wildnis stehen, sondern viel mehr als Grundlage für relative Vergleiche innerhalb des betrachteten Gebietes dienen. So soll anhand der Resultate feststellbar sein, wo sich naturnähere oder naturfernere, d.h. stärker menschlich geprägte, Standorte befinden. Aus den Resultaten sollen handlungsorientierte Schlussfolgerungen resultieren, z.B. wo weitgehend unbeeinflusste Gebiete liegen, welche es zu erhalten gilt oder wie man Gebiete mit geringer menschlicher Beeinflussung vernetzen könnte, um deren ökologischen Wert zu erhöhen. Weiter sollen die Resultate insbesondere auch in Anbetracht von raumplanerischen Tätigkeiten als zusätzliches Analyseinstrument dienen und in den Raumplanungsprozess mit einbezogen werden.

Weiter soll analysiert werden, welche Indikatoren geeignet sind, um eine Wildnisbewertung durchzuführen, und welche weniger geeignet sind. Um eine Anwendung des Modells auf weitere Gebiete zu begünstigen, ist eine geringe Anzahl präziser Indikatoren wünschenswert. Diese Indikatoren sollen für einen grossen geographischen Bereich verfügbar sein, um den Aufwand von weiteren Anwendungen der Wildnisbewertung auf andere Gebiete möglichst gering zu halten.

I.2. UNESCO Biosphärenreservat Entlebuch

Den Bezugsrahmen meiner Arbeit bildet die UNESCO Biosphäre Entlebuch mit ihren acht Gemeinden Flüfli, Marbach, Escholzmatt, Schüpfheim, Hasle, Entlebuch, Doppleschwand und Romoos, und einer Fläche von knapp 40'000 Hektaren (Schweizerische UNESCO Kommission, 2007). Das Entlebuch liegt in den Voralpen des Kantons Luzerns, angrenzend an den Kanton Bern. Es beherbergt eine Vielzahl von wertvollen Natur- und Kulturlandschaften, darunter das Karstgebiet der Schrattenfluh und eine Vielzahl an Flach- und Hochmooren mit nationaler Bedeutung. Der Umfang der Moorlandschaft im Entlebuch entspricht knapp 10% der national geschützten Moorflächen und beinhaltet vier der zehn grössten Schweizer Moorlandschaften (Arbeitsgemeinschaft für den Wald, 2003).

Seit 2001 ist das Entlebuch ein von der UNESCO anerkanntes Biosphärenreservat, der Beitritt wurde über eine Volksabstimmung mit überwältigender Mehrheit (94%) im Jahr 2000 gutgeheissen. Die Biosphärenreservate sind ein Teil des "Man and the Biosphere Programme" der UNESCO zum Schutz von typischen Kulturlandschaften, von welchen das Entlebuch die voralpine Moor- und Karstlandschaft repräsentiert. Ziel dieses Programmes ist die Entwicklung einer nachhaltigen Nutzung von Lebensräumen, wobei sowohl die ökologische wie auch die wirtschaftliche und soziale Entwicklung berücksichtigt werden soll. Das Biosphärenreservat soll als Modellregion für nachhaltige Entwicklung und den Schutz von bedeutenden Naturgütern fungieren (UBE, 2007). Vorgeschriebener Bestandteil eines Biosphärenreservats ist zudem eine nach dem Einfluss der menschlichen Tätigkeit respektive dem Schutzstatus der Flächen abgestufte Unterteilung in Kern-, Pflege- und Entwicklungszonen. Die Kernzone dient dem Schutz von meist bereits rechtlich geschützten Gebieten wie den Mooren, dem Karst der Schrattenfluh, den Auenwäldern sowie dem Jagdbanngebiet am Briener Rothorn. Sie wird von der Pflegezone umgeben, welche durch eine ressourcenschonende und

extensive Nutzung der Natur geprägt ist. In der Biosphäre sind das Landschaftsschutzgebiete (Moorlandschaften und BLN). Die Entwicklungszone wiederum beinhaltet den Talboden und dessen nähere Umgebung und erlaubt die nachhaltige Umsetzung der Bedürfnisse der Einwohner und des Gewerbes.

Heute sind die positiven Folgen der Auszeichnung als Biosphärenreservat in verschiedener Art und Weise zu beobachten. Durch die Einrichtung eines Biosphärenzentrums und die Umsetzung von verschiedenen Projekten wurden neue Arbeitsplätze geschaffen und durch den Imagegewinn der Biosphäre wurden Plattformen für die regionale Vermarktung von Produkten geschaffen. Durch das UNESCO-Label wurde zudem der Tourismus gestärkt und die damit verbundene Wertschöpfung für die gesamte Wirtschaft erhöht. Daneben wird durch Lernpfade und ein vielfältiges Exkursionsangebot, mit über 4000 teilnehmenden Personen pro Jahr (UBE, 2007), ein breites Publikum für Umweltthemen sensibilisiert. Praktisch umgesetzt werden Umweltschutzbelange auch in Projekten wie der Unterstützung der Ökoqualitätsvernetzung oder der gezielten Besucherlenkung. Die Identifikation der Bevölkerung mit ihrer Region und der Idee der Biosphäre zeigt sich in ihrem Engagement und ihrer aktiven Mitgestaltung von Projekten.

Im Jahr 2008 wurde die UBE zusätzlich als erster Schweizer Naturpark von nationaler Bedeutung vom Bundesamt für Umwelt anerkannt.

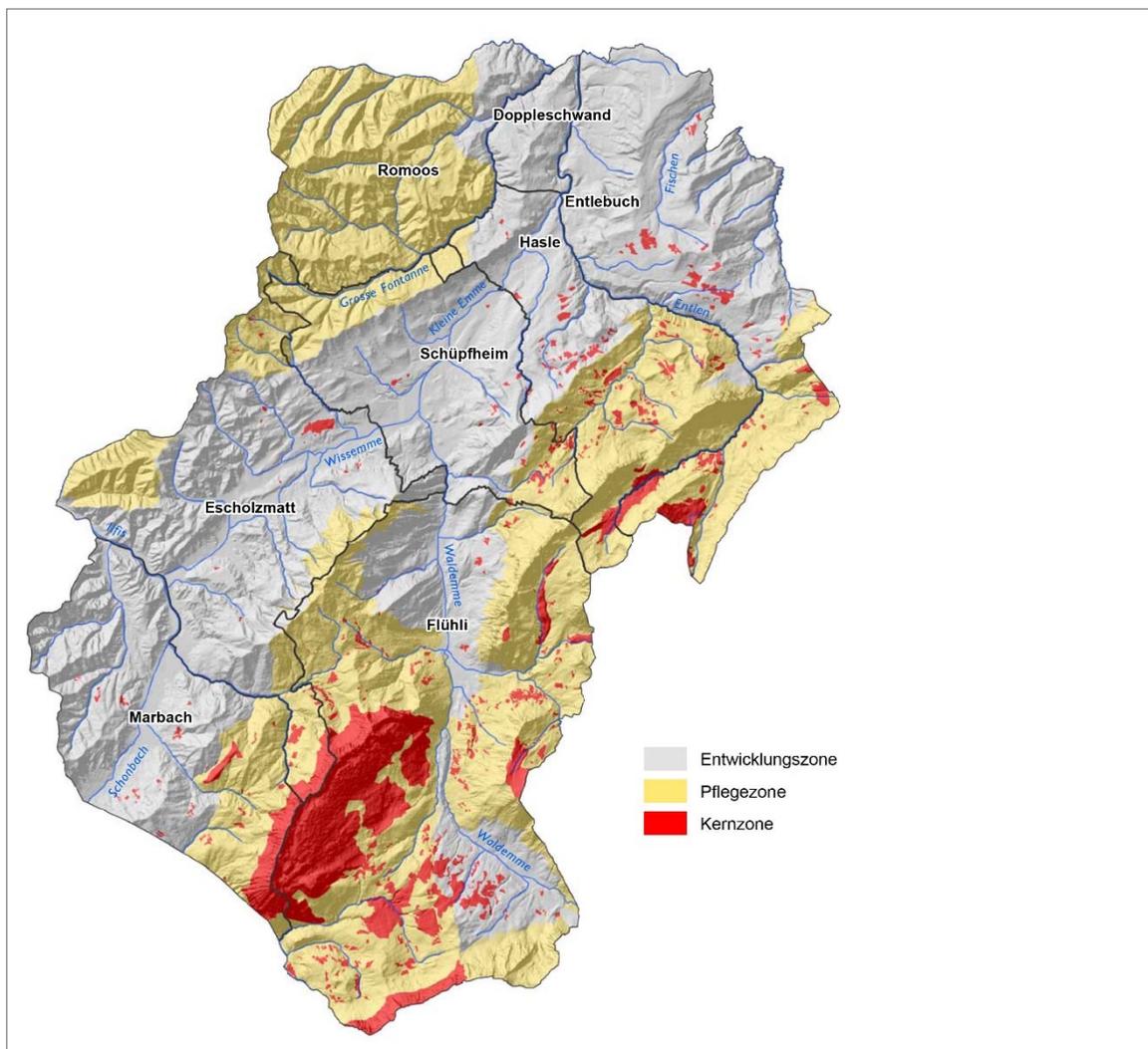


Abbildung 1: Zonierung der UBE © GIS Kanton Luzern

2. Grundlagen zur Wildnisbewertung

2.1. Definition von "Wildnis"

Die Schwierigkeit bei der Definition von "Wildnis" ist vor allem die Vielschichtigkeit des Phänomens und die Verschiedenartigkeit der Verwendungsweisen des Begriffs, welche nicht nur auf naturwissenschaftlicher Basis erfolgen.

Im umgangssprachlichen Gebrauch wird der Begriff der Wildnis oft gleichgesetzt mit Begriffen wie "Ungezähmtheit" und "Unkultiviertheit". Stellvertretend verwendet wird Wildnis oft auch für unbewohnte Landschaften, welche räumlich abgelegen liegen. Der Sprachbegriff der Wildnis ist kulturell geprägt und kann aus diesem Grund nur schwer für eine objektive und einheitliche Wildnisbewertung gebraucht werden. Was für die einen Wildnis ist, kann für die anderen mit einem anderen kulturellen Hintergrund wiederum nicht als Wildnis betrachtet werden (Kangler, 2010).

Ein Beispiel für eine Definition vor einem naturschützerischen Hintergrund ist jene der European Wilderness Working Group (2012) zur Ausdefinierung der Resolution des Europaparlaments zur Erhaltung der Wildnisgebiete in Europa:

"A wilderness is an area governed by natural processes. It is composed of native habitats and species, and large enough for the effective ecological functioning of natural processes. It is unmodified or only slightly modified and without intrusive or extractive human activity, settlements, infrastructure or visual disturbance"

Gemäss dieser Definition sind Gebiete wild, wenn sie von natürlichen Ökosystemprozessen dominiert sind, bezüglich Lebensräumen und Arten ursprünglich sind, eine gewisse Grösse haben und keine menschlichen Störungen aufweisen. Dieser Definition entsprechend finden wir in Mitteleuropa praktisch keine Wildnisgebiete mehr, da einerseits kaum genügend grosse Wildnisgebiete existieren und andererseits die Lebensräume und Arten durch die Kulturlandschaft geprägt sind und nicht mehr in ihrer natürlichen Form existieren. Eine relativierte Wildnis-Definition verwendet einerseits Bauer (2005), indem sie von "sekundärer Wildnis" spricht. Diese umfasst Gebiete, welche ehemals vom Menschen genutzt wurden, inzwischen aber wieder ihrer natürlichen Sukzession überlassen wurden. Broggi (2004) andererseits hat die raumunabhängige Definition des "kleinsten, gemeinsamen Wildnisenners" eingeführt: "Unter Wildnis wird jener Raum verstanden, in dem wir jede Nutzung und Gestaltung bewusst unterlassen, in dem natürliche Prozesse ablaufen können, ohne dass der Mensch denkt und lenkt, in dem sich Ungeplantes und Unvorhergesehenes entwickeln kann."

2.2. Definition von "Hemerobie"

Der Begriff der Hemerobie leitet sich aus dem griechischen Wort "hemerob" ab, welches wiederum aus den Wörtern hémeros (gezähmt, kultiviert) und bíos (leben) zusammengesetzt ist (Glaser, 2007 zitiert nach Stein, 2011).

Blume und Sukopp (1976 zitiert nach Stein, 2011) definieren Hemerobie wie folgt: "Hemerobie ist die Gesamtheit aller Wirkungen, die bei beabsichtigten und nicht beabsichtigten Eingriffen des Menschen in Ökosystemen stattfinden. Aus diesen Wirkungen auf den jeweiligen Standort mit seinen Organismen ergibt sich der Hemerobiegrad des Ökosystems". Hemerobie bezeichnet also das Ausmass aller Eingriffe des Menschen auf ein Ökosystem und macht indirekt eine Aussage über die Natürlichkeit eines Ökosystems. Die Natürlichkeit wird meistens durch den Vergleich zur potentiell natürlichen Vegetation beurteilt (Stein, 2011). Diese bezeichnet den Endzustand, welcher von einem Ökosystem durch natürliche Sukzession erreicht würde, wenn keine anthropogenen Einflüsse mehr auftreten würden. Dieser Bezugspunkt ermöglicht die Beurteilung der aktuellen anthropogenen Einflüsse ohne Berücksichtigung vorangehender Veränderungen des Ökosystems. Dies ist insbesondere deshalb von Vorteil, weil heute viele Landschaften durch eine flächendeckende

historische Kulturlandschaftsentwicklung geprägt sind und somit auch nach längerer Zeit ohne menschliche Beeinflussung einen nicht mehr ursprünglichen Lebensraum darstellen würden.

Um eine vergleichende Betrachtung der anthropogenen Einflüsse zu ermöglichen, erscheint es sinnvoll, einheitliche Bewertungskriterien bezüglich der Stärke der Einflüsse zu schaffen. Sukopp (1969) schlägt dafür eine Aufgliederung nach Intensität, Dauer und Reichweite der Einwirkung vor. Frelich & Lee (2002) ergänzen die Deskriptoren von Sukopp um weitere zwei Punkte: den Schweregrad, welchen der Einfluss auf das Ökosystem hat, und die Frequenz, mit der die Einwirkung auftritt.

Das in Europa gängige Hemerobie-System beruht auf der Skala von Jalas (1955), welches von Sukopp (1972) weiterentwickelt und ergänzt wurde (Klotz & Kühn, 2002). Die Skala beginnt mit dem ahemeroben Zustand, welcher einen natürlichen Zustand des Ökosystems ohne anthropogenen Einfluss darstellt, und gelangt über Zwischenstufen zum metahemeroben Zustand, welcher durch seine absolute Künstlichkeit und die Abwesenheit einer funktionierenden Biozönose charakterisiert ist. Während die Skala von Jalas (1955) ursprünglich nur vier Stufen vorsah, gibt es mittlerweile verschiedenste angepasste Versionen davon, welche unterschiedlich feine Abstufungen verwenden und auf verschiedenste Ökosystemtypen angepasst sind.

In Bezug auf die Wildnisdefinition stellt der Hemerobiegrad die Stärke der treibenden Kraft dar, welche den Zustand der Landschaft weg vom natürlichen oder potentiell natürlichen Zustand hin zu einem menschlich geprägten Zustand verändert.

3. Vorgehen und Methode

In diesem Kapitel wird versucht, die Begriffe des Wildnisgrades und des Hemerobiegrades genauer zu definieren und mit einer kurzen Literaturschau zu ergänzen, um so eine solide Ausgangslage für das Verständnis des Gebrauchs und der Anwendung der Konzepte in den späteren Kapiteln zu schaffen.

3.1 Anwendung der Konzepte von Wildnis und Hemerobie

Der Wildnisbegriff wird in dieser Arbeit wie folgt verwendet: Um auch kleinskalige Gebiete mit ausbleibenden Störungseffekten bewerten zu können, wird im Folgenden die von der Grösse unabhängige Wildnis-Definition von Broggi (2004) verwendet. Wildnis ist somit ein Raum, welcher menschlich unbeeinflusst ist und durch natürliche Prozesse geprägt wird. Zusätzlich wird der Begriff im Folgenden im Sinne der sekundären Wildnis, wie Bauer (2005) sie gebraucht, verwendet, um den Fokus auf die aktuelle Nutzung zu richten und ehemalige Nutzungen ausser Acht zu lassen.

Unter Hemerobie wird im Folgenden der Grad der menschlichen Einwirkung auf einen Standort mit seinen Organismen verstanden. Die Einwirkungen werden anhand ihrer Intensität, Dauer, Frequenz und ihres Schweregrads klassifiziert und bewertet. Den Referenzpunkt, bei dem keine anthropogene Störung auftritt, definieren wir ähnlich wie Steiner (2011), wobei wir das ganze Ökosystem mitsamt seinen Organismen betrachten und so vom "potentiell natürlichen Ökosystem" anstelle der "potentiell natürlichen Vegetation" sprechen. Diese Referenz wird in dieser Arbeit ausschliesslich zur Definition des Hemerobieindex benutzt. Eine Bestimmung mit dem potentiell natürlichen Zustand eines Standorts wird aus Gründen der Machbarkeit nicht durchgeführt. Die Bewertung wird zum Zweck der Vergleichbarkeit von Flächen innerhalb des Untersuchungsrahmens durchgeführt und soll nicht als absolut betrachtet werden.

3.2. Der Hemerobieindex

Die verschiedenen anthropogenen Einflüsse werden mithilfe des Hemerobieindex entsprechend der Stärke ihrer Störungen klassifiziert. Anhand des Referenzzustandes eines potentiell natürlichen Zustandes kann die Stärke des Einflusses in Relation gestellt werden zu anderen Einflüssen, wodurch Vergleiche möglich werden. Der Unterschied zwischen den Klassen des Index ist beschreibender Natur und kann nicht gemessen werden.

Tabelle 1: Hemerobistufen, abgeändert nach Klotz und Kühn (2002)

		Hemerobiestufe	Standorte	Anthropogene Einflüsse
naturbestimmt	1	ahemerob	abgelegene, unbewirtschaftete Waldstandorte	keine
	2	oligohemerob	schwach durchforsteter Wald, unbewirtschaftete naturnahe Wiesen	Holzentnahme, Störung von Wildtieren durch seltene Begehungen, Beschädigung der Vegetation durch gelegentliche Tangierung mit Wintersportarten
	3	mesohemerob	häufig bewirtschafteter Wald, entfernte Strassenumgebung, unbewirtschaftete Wiesen	Durchforstung, Störung von Wildtieren durch unmittelbare Nähe zu Wanderwegen oder Wintersporttätigkeiten, Beschädigung der Vegetation durch Skifahrer und Schneeschuhläufer, geringe Emissionen durch Strassenverkehr
	4		extensiv genutzte Landwirtschaftsflächen, Moorflächen, weitere Strassenumgebung, nähere Umgebung von Bergwanderwege und Skipisten	Streunutzung, schwache Düngung, Pflegeeingriffe in Mooregebieten, Störung von Wildtieren, Trittschäden durch extensive Beweidung, Vegetationsschäden durch Wanderer und Wintersportler, Lärm und Luftverschmutzung durch Strassenverkehr
kulturbestimmt	5	β-euemerob	wenig intensiv genutzte Wiesen und Weiden, Bergwanderwege, Langlaufloipen, nähere Strassenumgebung	mässige Düngung, Trittschäden durch Beweidung, Vegetationsschäden durch Wanderer, Verzögerung der Vegetationsperiode durch längere Schneelast, Lärm und Luftverschmutzung durch Strassenverkehr, Störung von Wildtieren
	6		mässig intensiv genutzte Wiesen und Weiden, Skipisten, Wanderwege, unmittelbare Strassenumgebung	mässige Düngung, Trittschäden durch Beweidung, häufige Vegetationsschäden durch Wanderer, Verzögerung der Vegetationsperiode durch längere Schneelast, Vegetationsschäden durch Pistenbetrieb, Lärm und Luftverschmutzung durch Strassenverkehr, Störung und Schädigung von Wildtieren durch Strassenverkehr
	7	α-euemerob	intensiv genutzte Wiesen und Weiden, Ansaatgrünland, mässig intensive Ackerkulturen	Düngung, Pestizid- und Herbizideinsatz, Bodenverdichtung durch Befahrung, Bewässerung
	8		intensive Ackerkulturen, intensiv genutzte Wiesen und Weiden, Skipisten	intensive Düngung, Pestizid- und Herbizideinsatz, Bodenverdichtung durch Befahrung, Bewässerung, Bodendegradation und Erosion durch Bewirtschaftung
	9	polyhemerob	teilversiegelte Flächen, nicht nachhaltig bewirtschaftete Landwirtschaftsflächen	Schädigung der Biozönose, intensiver Pestizid- und Herbizideinsatz, Erosion und Bodendegradation
	10	metahemerob	Standorte mit nicht mehr vorhandener Biozönose z.B. Strassen u. Siedlungen	Flächenversiegelung und Bodendegradation in hohem Masse

Die Klassifizierung reicht von I bis 10, wobei I einem ahemeroben Standort ohne anthropogene Störung entspricht und 10 einem metahemeroben Standort ohne funktionsfähige Biozönose. Die Klassen 1 – 4 stellen naturgeprägte Ökosysteme dar, die Klassen 5 – 10 dagegen kulturbestimmte Ökosysteme. Die verschiedenen Klassen werden in der nachfolgenden Tabelle genauer definiert und den anthropogenen Einflüssen zugeordnet.

3.3. Störungsebenen

Bei der Auswahl der verschiedenen Ebenen von menschlichen Störungen wird darauf geachtet, dass möglichst viele verschiedene Dimensionen abgedeckt werden. Dies sowohl in Anbetracht der Art der Störungen wie auch bezogen auf das Wirkungsziel dieser Störungen. Neben diesen Anforderungen gibt es natürlich auch gewisse Einschränkungen, was die Machbarkeit im Rahmen dieser Arbeit betrifft. Dementsprechend wird versucht, bei den Störungsebenen möglichst von Einflüssen auszugehen, welche aus bereits bestehenden Daten hergeleitet werden können.

Die Aussagekraft der einzelnen Ebenen wird im Verlaufe dieser Arbeit u.a. mithilfe einer Sensitivitätsanalyse beurteilt. Das Ausschliessen nicht aussagekräftiger Ebenen wird vorbehalten.

3.4. Störungsbewertung

Die einzelnen Störungsfaktoren werden jeweils einer Stufe auf unserer Hemerobie-Skala zugeteilt, dabei wird versucht, möglichst einheitlich und nachvollziehbar vorzugehen. Grundsätzlich wird zwischen punktuell auftretenden Störungen wie Versiegelung und diffusen Störungen wie den Einflüssen des Tourismus unterschieden.

Sind die Störungen aus den Ausgangsdaten hergeleitet und identifiziert, werden sie anhand folgender Schritte bewertet:

1. Häufigkeit des Auftretens des Effekts
2. Stärke unter Berücksichtigung der Häufigkeit des Auftretens des Effekts auf Vegetation, Boden und Wildtiere (Skala von 1 – 10)
3. Zeitraum des Auftretens (Korrekturfaktor für < 6 Mt. / J. in Form eines Abzuges von 2 Hemerobiestufen, Korrekturfaktor von -1 für < 9 Mt. / J.)

Diese Klassifizierung ergibt für jede Störungsebene eine flächendeckende Bewertung mit einer Genauigkeit von 5x5 Metern.

3.5. Verrechnung der Störungsebenen

Betrachten wir die verschiedenen Störungsebenen, wird einem schnell die Verschiedenartigkeit der betrachteten Einwirkungen bewusst. Da nicht mit einheitlichen Massen gearbeitet wird, ist es nicht zulässig, aus den verschiedenen Ebenen einen Mittelwert zu berechnen. Um dieses Problem zu umgehen, wird in dieser Arbeit eine Maximalbewertung verwendet, bei welcher bei Überschneidungen jeweils der höhere Störungswert genommen wird. So wird z.B. bei der Überschneidung einer versiegelten Siedlungsfläche mit einem Wanderweg der höhere Hemerobiewert der Siedlungsfläche genommen.

3.6. Software

3.6.1. Geoinformationssysteme

Für die Analyse und Bewertung der UBE wird in dieser Arbeit auf sogenannte Geo-Informationssysteme (GIS) zurückgegriffen. Die Informationen, welche verarbeitet und analysiert werden sollen, weisen alle einen räumlichen Bezug auf. Die Erfassung, Speicherung, Verwaltung, Manipulation, Analyse und Darstellung von diesen raumbezogenen Daten ist die Aufgabe des GIS, welche das Handling von grösseren Datenmengen unter Einbezug eines leistungsstarken Computersystems ermöglichen. Das GIS ermöglicht es, räumliche Daten zueinander in Bezug zu setzen, und helfen, räumliche Zusammenhänge zu erklären und grafisch darzustellen (Blaschke & Lang, 2007). Oft werden GIS als ein Vierkomponenten-Modell, bestehend aus Anwender, Hardware, Software und Daten, beschrieben (Stein, 2011).

In dieser Arbeit bestehen die Ausgangsdaten aus den räumlichen Informationen der verschiedenen Störungsebenen, welche mit Bezug auf den Perimeter der UBE analysiert und in Form einer Karte grafisch dargestellt werden sollen.

3.6.2. ArcGIS

Unter dem Überbegriff ArcGIS werden von dem Unternehmen ESRI verschiedene GIS-Softwareprodukte angeboten. In dieser Arbeit wurden daraus Arc Catalog, Arc Map und der darin integrierte Model Builder in der Version 10.1 benutzt. Arc Catalog dient der Datenverwaltung, Arc Map ermöglicht die Weiterverarbeitung von Geodaten und der Model Builder verknüpft die einzelnen Arbeitsschritte zu einem Modell und ermöglicht dadurch die Automatisierung von ganzen Abläufen.

Die ArcGIS-Produktepalette gehört zu den bekanntesten und mit Nutzern in über 200 Ländern am häufigsten genutzten GIS-Programmen (Stein, 2011).

3.7. Datengrundlage

3.7.1. Bestehende Daten

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind sämtliche Ausgangsdaten aufgelistet, welche für die Hemerobiegradbewertung verwendet und nicht selber digitalisiert oder erfasst wurden. Verwendet wurden folgende Typen von Geodaten: Punkt-, Vektor- und Rasterdaten. Während bei Punkt- und Vektordaten die Genauigkeit nur von der Aufnahmemethode der Objekte abhängig ist, liegen Rasterdaten in einer bestimmten Pixelgrösse vor und haben dadurch eine zusätzliche Ungenauigkeit. Oft entspricht die Auflösung von Rasterdaten bei den benutzten Geodaten 10x10 Metern pro Pixel. Die Berechnung des Modells mit einer Auflösung von 5x5 Metern dient lediglich der besseren Druckausgabequalität für eine allfällige Verwendung für einen Posterdruck und widerspiegelt nicht die effektive Genauigkeit.

Tabelle 2: Datenquellen

Datensatzname	Datenherr	Format	Beschreibung
swissALTI3D	swisstopo	Rasterdaten	Höhenmodell der Schweiz
swissTLM3D	swisstopo	Vektor- und Punktdaten	topographisches Landschaftsmodell mit Strassen, Bauten, Bodenbedeckungstypen etc.
pk25	swisstopo	Rasterdaten	Pixelkarten für den Perimeter der UBE
Ski- & Schneeschuh-routen	swisstopo	Vektordaten	offizielle Ski- und Schneeschuh-routen
Arealstatistik	BFS (Bundesamt für Statistik)	Rasterdaten	Informationen zur Bodennutzung und -bedeckung der Schweiz
Lampenstandorte	CKW	Punktdaten	Standorte der öffentlichen Beleuchtung Luzerns
Waldstrassen	Kanton Luzern	Vektordaten	zeigt Waldstrassen im Kt. Luzern, die von Lastwagen befahren werden können
Parzellengrenzen	Kanton Luzern	Vektordaten	Grundstückparzellen der amtlichen Vermessung
Wildruhezonen	Kanton Luzern	Vektordaten	rechtskräftige und empfohlene Wildruhezonen sowie Wildbanngebiet des Kt. Luzern
lr_bahn_tag	BAFU (Bundesamt für Umwelt)	Rasterdaten	Lärmmodell für den Eisenbahnverkehr zwischen 06.00 und 22.00 Uhr
lr_bahn_nacht	BAFU	Rasterdaten	Lärmmodell für den Eisenbahnverkehr zwischen 22.00 und 06.00 Uhr
lr_str_tag	BAFU	Rasterdaten	Lärmmodell für den Strassenverkehr zwischen 06.00 und 22.00 Uhr
lr_str_nacht	BAFU	Rasterdaten	Lärmmodell für den Strassenverkehr zwischen 22.00 und 06.00 Uhr
fm	BAFU	Vektordaten	Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung
hm	BAFU	Vektordaten	Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung
Skipisten	UBE, Florian Knaus	Vektordaten	digitalisierte Skipisten Sörenberg
Beschneigungsflächen	UBE, Florian Knaus	Vektordaten	zu Skipisten Sörenberg, zugehörige Beschneigungsflächen
BPA_Intens_I0st	UBE, Enrico Celio	Vektordaten	Landwirtschaftsintensitäten nach Betriebsparzellen, ohne Escholzmatt

3.7.2. Eigene Erhebungen

Zusätzlich zu den schon vorhandenen Geodaten wurden im Bereich Wintersport weitere Pisten und Langlaufloipen erfasst. Die Erfassung erfolgte durch die georeferenzierte Digitalisierung von Pistenplänen der jeweiligen Gebiete. Erfasst wurden folgende Objekte:

1. Skipisten Marbachegg gemäss dem Prospekt der Wintersaison 2012/2013 der Marbachegg Sportbahnen.
2. Loipen Marbach – Escholzmatt – Bumbach gemäss dem Faltblatt der Loipenorganisation Marbach.
3. Loipen Sörenberg Dorf und Salwideli gemäss dem Langlaufloipenplan von Sörenberg Flühli Tourismus
4. Loipen Finsterwald und Mettilimoos gemäss langlauf-finsterwald.ch

Die Genauigkeit der Loipenanlagen ist vor allem aufgrund der vorliegenden Pläne eingeschränkt, da diese teilweise eher schematisch und nicht sonderlich präzise sind. Die Genauigkeit dieser Daten ist etwa auf $\pm 20\text{m}$ zu schätzen. Bei den Skipisten von Marbachegg besteht das gleiche Problem, wobei zusätzlich noch die Unsicherheit der Pistenbreite dazu kommt. Während die Langlaufloipen durchgehend eine Breite von knapp 5m aufweisen, ist die Pistenbreite unterschiedlich und kann anhand des linienförmigen Pistenplans nicht abgeschätzt werden. Für die Digitalisierung der Skipisten wurden folgende Annahmen getroffen: Die Breite der Piste entspricht ungefähr 30m, und die Piste schneidet sich, wo möglich, nicht mit Waldgebieten.

4. Umsetzung und Resultate

4.1. Störungsebene Tourismus

4.1.1. Tourismus im Entlebuch

Ein wichtiger Teil der Attraktionen des Tourismus im Entlebuch besteht in der eindrücklichen Naturlandschaft des Gebietes. Auf der Internetpräsenz des Biosphärenreservats wird das ausgedehnte Wanderwegnetz, die unberührte Landschaft sowie die Tier- und Pflanzenwelt angepriesen (biosphaere.ch, 2013).

Mit zunehmender Zahl an Tourismusaktivitäten steigt aber auch der Druck durch anthropogene Einflüsse auf das Biosphärenreservat Entlebuch. Aktivitäten wie Wandern, Biken, Skifahren, Schneeschuhlaufen und Tourenskifahren summieren sich zu einem bedeutenden Faktor für Einflüsse auf Wildtierlebensräume, Vegetation und Boden. Insbesondere im Bereich von Sörenberg, wo sich ausgeprägter Winter- und Sommertourismus ergänzen, werden die verschiedenen Einflüsse zu einem prägenden Faktor der Landschaft und der Lebensräume.

Da der Tourismus in der UBE mit seinem Anteil von 8% am BIP (BHP, 2010) nicht einfach so wegzudenken ist, ist es wichtig, sich Gedanken darüber zu machen, in welchen Gebieten genau die verursachten Einwirkungen wie stark sind und wie sie allenfalls besser gelenkt werden könnten.

4.1.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung

Die betrachteten Störungen gehen einerseits vom Sommertourismus aus, bestehend aus verschiedenen Nutzungsaktivitäten entlang des Wanderwegnetzes, und andererseits vom Wintertourismus, welcher von den Skipisten, Langlaufloipen sowie den Ski- und Schneetourenrouten ausgeht. Bei den Betrachtungen wird auf die Effekte *ausserhalb* des Siedlungsgebietes fokussiert, da die Effekte *innerhalb* der Ortschaften durch andere Ebenen wie jene der Versiegelung schon genügend repräsentiert sind.

Bei den Wanderwegen werden die normalen Wanderwege und die Bergwanderwege gemäss ihren Attributen unterschieden. Die normalen Wanderwege werden gegenüber den Bergwanderwegen als stärkere Störungen bewertet, da sie sowohl von Wanderern mehr genutzt werden als auch durch weitere Sportarten wie Joggen, Biken, Schneeschuhlaufen u.a. mitbenutzt werden (Fischer, Lambrecht & Stamm, 2008). Eine weitere Fallunterscheidung betrifft die Schnee- und Skitourenrouten. Hier werden Routenabschnitte, die Wildruhezonen queren, als geringere Störung bewertet, da in den Wildruhezonen verschiedene Regelungen zur Schonung der Wildtiere gelten. Dazu gehört ein Verbot von Wintersportarten ausserhalb markierter Pisten, Routen und Loipen.

Die Einflüsse haben einerseits direkte und räumlich eng begrenzte Effekte, wie z.B. die Bodenversiegelung durch Wegebau, andererseits aber auch sehr diffuse Effekte wie die Störung von Wildtieren durch Lärm. Für die flächenbezogene Dimensionierung der Störungen wurden für die direkten Effekte bei den Skipisten die vorgegebenen Flächen verwendet. Bei den Wanderwegen sowie den Ski- und Schneetourenrouten sind die direkt beeinflussten Flächen so nicht vorhanden, deswegen wurden für diese Störungen Daten von Geotracks von hikr.org analysiert. Diese Daten zeigen die effektiv begangenen Routen von Wanderern, Tourenskifahrern und Schneeschuhläufern in Form von GPS-Koordinaten. Vergleicht man nun diese Daten mit den offiziellen Wanderwegen und -routen, erhält man Angaben über die jeweilige Routentreue und somit die Beeinflussung durch Begehungen.

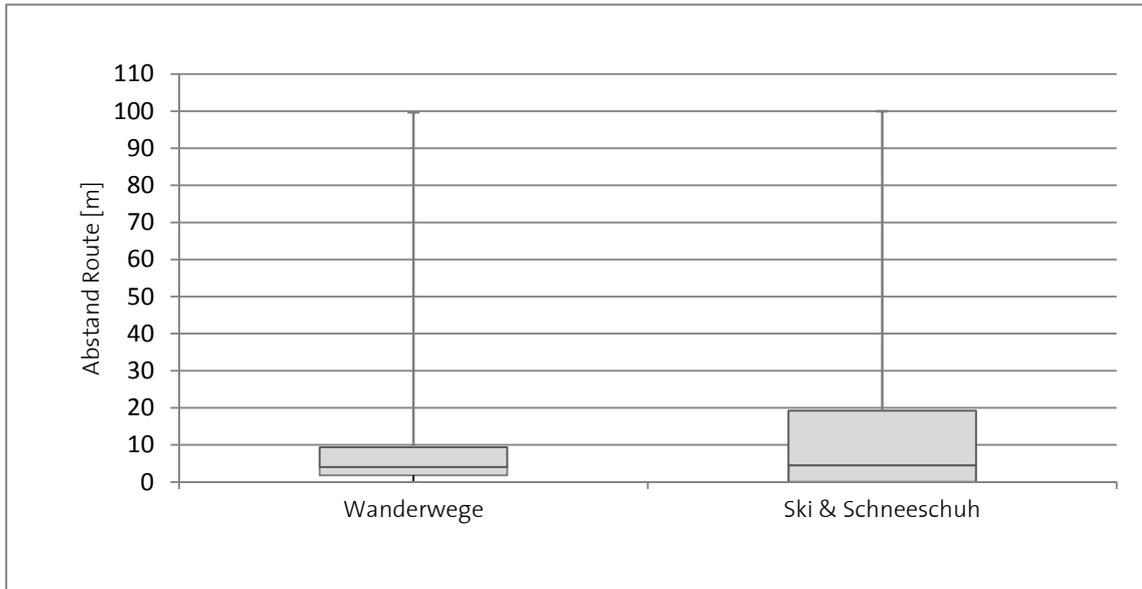


Abbildung 2: Routentreue Wanderer, Schneeschuhläufer und Tourenskifahrer (Analyse von je 10 Geotracks)

Aus Abbildung 2 wird ersichtlich, dass sich der Grossteil der Wanderer innerhalb eines Puffers von 10 Metern und die Tourenskifahrer und Schneeschuhläufer innerhalb eines Puffers von 20 Metern um die Weglinien bewegt. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Ungenauigkeiten der GPS-Geräte bei knapp 7000 analysierten GPS-Punkten gegenseitig ausgleichen.

Um zu berücksichtigen, dass die Einflüsse saisonal auftreten, wurde eine Korrektur eingeführt, welche Störungen, die weniger als 6 Monate pro Jahr auftreten, mit einer Reduktion um zwei Störungsklassen, und Einflüsse, die weniger als 9 Monate pro Jahr auftreten, um eine Störungsklasse korrigiert. In folgender Tabelle werden die Eingriffe genauer charakterisiert und anhand eines Hemerobiewertes (H-Wert) bewertet:

Tabelle 3: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch Tourismus

Objekt	Eingriff	Häufigkeit	Stärke Effekt auf ...	Zeit (Mt. / J.)	H-Wert
Wanderwege					
Umgebung bis 10m	Bodenverdichtung und Versiegelung durch Wegebau (1). Nutzung durch Wanderer, Jogger, Biker und weitere (2).	(1) durchgehend (2) oft	Vegetation: 6 Wildtiere: 8 Boden: 7	< 9 Korrektur = -1	6
Umgebung bis 20m	Häufige Begehung (3), aber keine Bodenverdichtung durch Wegebau.	(3) oft	Vegetation: 5 Wildtiere: 8 Boden: 5	< 9 Korrektur = -1	5
Umgebung bis 100m	Störung aufgrund von Begehungen (3), geringe Störung von Wildtieren durch Lärm und Sichtbarkeit (4).	(3) gelegentlich (4) oft	Vegetation: 2 Wildtiere: 6 Boden: 2	< 9 Korrektur = -1	2
Bergwanderwege					
Umgebung bis 10m	geringe Bodenverdichtung und selten Versiegelung durch Wegebau (1). Nutzung praktisch nur durch Wanderer (2).	(1) immer (2) oft	Vegetation: 6 Wildtiere: 7 Boden: 7	< 6 Korrektur = -2	5
Umgebung bis 20m	Störung durch Begehung (3), aber keine Bodenverdichtung durch Wegebau.	(3) gelegentlich	Vegetation: 5 Wildtiere: 7 Boden: 5	< 6 Korrektur = -2	4
Umgebung bis 100m	Störung aufgrund von Begehungen (3), geringe Störung von Wildtieren durch Lärm und Sichtbarkeit (4).	(3) selten (4) oft	Vegetation: 2 Wildtiere: 5 Boden: 2	< 6 Korrektur = -2	1

Skipisten					
Pisten & Beschneigungsflächen	hohe Bodenbelastung (5) durch Präparieren und Befahren, Vegetationsschäden (6).	(5) oft (6) immer (7) immer	Vegetation: 7 Wildtiere: 10 Boden: 6	< 6 Korrektur = -2	6
Umgebung Skipiste bis 100m	geringe Bodenbelastung (5) und Vegetationsschäden (6) durch Fahren abseits der Pisten. Hohe Störung von Wildtieren (7).	(5) oft (6) oft (7) immer	Vegetation: 6 Wildtiere: 9 Boden: 2	< 6 Korrektur = -2	4
Umgebung Skipiste bis 200m	Geringe Bodenbelastung (5) und Vegetationsschäden (6) durch Fahren abseits der Pisten. mittlere Störung von Wildtieren (7).	(5) gelegentlich (6) gelegentlich (7) immer	Vegetation: 4 Wildtiere: 8 Boden: 2	< 6 Korrektur = -2	3
Loipen					
Loipenbahn	hohe Bodenbelastung durch Pistenbetrieb und Unterhalt (5).	(5) gelegentlich	Vegetation: 7 Wildtiere: 10 Boden: 4	< 6 Korrektur = -2	5
Umgebung Loipe bis 100m	mässige Störung Wildtiere durch Lärm und Bewegungen (7).	(7) oft	Vegetation: 1 Wildtiere: 6 Boden: 1	< 6 Korrektur = -2	1
Wintersport Routen					
Umgebung bis 20m im offenen Gelände	geringe Vegetationsschäden (6) durch Begehungen, kritische Störung von Wildtieren und deren Wintereinständen (7) durch Lärm und Bewegungen	(6) gelegentlich (7) gelegentlich	Vegetation: 5 Wildtiere: 8 Boden: 1	< 6 Korrektur = -2	3
Umgebung bis 200m im offenen Gelände	geringe Routentreue erzeugt leicht abgeschwächte Störungen (6) und (7)	(6) selten (7) gelegentlich	Vegetation: 3 Wildtiere: 7 Boden: 1	< 6 Korrektur = -2	2
Umgebung bis 20m im Wildschongebiet	erhöhte Routentreue durch Wegegebot in Wildruhezonen reduziert räumlichen Effekt der Störungen (6) und (7)	(6) selten (7) gelegentlich	Vegetation: 5 Wildtiere: 8 Boden: 1	< 6 Korrektur = -2	3
Umgebung bis 100m im Wildschongebiet	erhöhte Routentreue durch Wegegebot in Wildruhezonen reduziert räumlichen Effekt der Störungen (6) und (7)	(6) selten (7) selten	Vegetation: 1 Wildtiere: 7 Boden: 1	< 6 Korrektur = -2	1

In Tabelle 3 wird ersichtlich, dass durch den Korrekturfaktor und den geringen Einfluss auf den Boden die Werte für die Umgebungen relativ klein ausfallen oder teilweise sogar ganz entfallen, wie bei den Wintersport Routen oder den Bergwanderwegen ab 20m Abstand im Wildschongebiet. Entsprechend treten die Störungen relativ gebündelt auf die unmittelbare Fläche der Wege und Wintersport Routen auf.

4.1.3. Umsetzung als Modell

Die Umsetzung des Modells erfolgt in vier Stufen. In der ersten Stufe werden die Störungsfaktoren identifiziert, abgeleitet sowie die folgenden Fallunterscheidungen gemacht: Unterschieden werden bei den Wintersport Routen jene Routen, welche durch Wildschongebiet führen. Weitere Unterscheidungen bezüglich der Geländeeigenschaften werden nicht gemacht, da die entsprechenden Unterschiede zu gering und mehrdeutig sind. In einem zweiten Schritt werden die Linienvektoren der Wege und Routen gemäss den Fallunterscheidungen (siehe Tabelle 3) gepuffert. Beim Puffern werden Polygone mit einem bestimmten Abstand rund um die Eingabelinien erstellt, und sich überlappende, gleichartige Puffer werden kombiniert. In den letzten beiden Schritten werden die verschiedenen Pufferflächen gemäss Tabelle 3 bewertet und mit einer Maximalverrechnung auf eine Ebene reduziert, wobei bei Überschneidungen die höhere Bewertung zählt.

4.1.4. Resultate der Tourismusebene

Durch die Tourismusebene werden 37.5 % der Fläche der UBE leicht beeinflusst, die Standorte bleiben trotz den Störungen des Tourismus naturbestimmt, sofern weitere schwerere Eingriffe durch andere Störungskategorien ausbleiben. Der grösste Teil der Flächen kann als oligohemerob eingestuft werden. In den Gebieten von Marbach und Sörenberg entstehen, aufgrund der hohen Nutzung durch die Skibetriebe und die Sommeraktivitäten, Standorte mit mesohemerober bis β -euhemerober Prägung. Im südöstlichen Teil der UBE findet man anstelle der normalen Wanderwege häufig Bergwanderwege, welche einen abgeschwächten räumlichen Effekt haben. Daher sind viele Standorte rund um das Briener Rothorn, die Schratteflue und die Schwändilflue weniger stark durch den Sommertourismus beeinflusst, dafür aber, im Falle des Briener Rothorns, umso mehr durch den Wintertourismus.

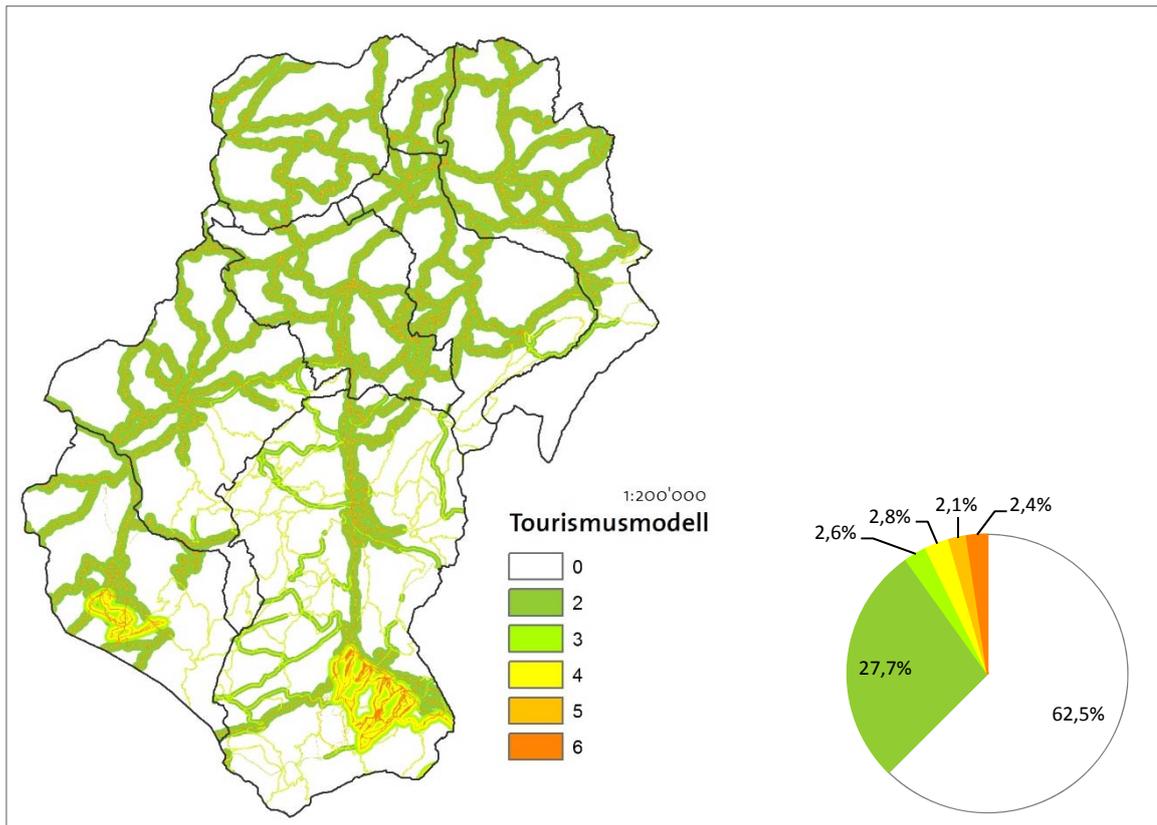


Abbildung 3: Hemerobiewertkarte des Tourismus, Daten: Kanton Luzern & swisstopo

4.2. Störungsebene Bodenversiegelung

4.2.1. Bodenversiegelung im Entlebuch

Unter Bodenversiegelung verstehen wir die Abdeckung des Erdbodens mit undurchlässigen Materialien und dadurch die räumliche Trennung des Erdbodens von der überirdischen Bios- und Atmosphäre (Burghardt, 2006). Die Bodenversiegelung im Entlebuch wird primär durch den Bau von Gebäuden, Strassen und Industrie verursacht. Der Anteil dieser Siedlungsflächen an der Gesamtfläche im Entlebuch ist mit 3% bis jetzt im Vergleich zum Schweizer Mittel von 6% (Roth et. Al, 2010, zitiert nach Knaus 2011) eher gering. Allerdings sind die Zahlen steigend, die Siedlungsfläche hat in den letzten 24 Jahren um etwa 1/3 und die Strassenfläche um etwa 1/5 vor allem zulasten der Landwirtschaftsfläche zugenommen (Knaus, 2011).

Die Folgen der Bodenversiegelung sind der Verlust produktiver Landwirtschaftsflächen sowie eine stark verminderte Fähigkeit, Regenwasser aufzunehmen, Biomasse zu produzieren, CO₂ zu speichern und einen funktionsfähigen Lebensraum für Organismen zu bieten (bafu.admin.ch, 2011)

4.2.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung

Berücksichtigt werden für die Störungsebene der Bodenversiegelung alle Bauten, welche gemäss der Definition von Burghardt den Boden undurchlässig abdecken und so die natürlichen Funktionen des Bodens verhindern. Dazu gehören Industrie und Wohngebäude, asphaltierte Strassen und die Eisenbahnlinie, welche das Entlebuch mit Luzern und über das Emmental hinweg mit Bern verbindet.

Die Flächenversiegelung durch Bauten der Siedlungen und des Verkehrsnetzes stellen besonders schwere Eingriffe in die Natur dar und werden dementsprechend mit dem Maximalwert der Hemerobie bewertet. Durch die Versiegelung wird das Wachstum von Vegetation bis auf kleinflächige Ausnahmen verhindert, die ökologischen Bodenfunktion werden stark und praktisch irreversibel gehemmt und zusätzlich wird der Nutzen für Wildtiere auf das kleinstmögliche Mass reduziert. Die in Tabelle 4 aufgeführten Objekte werden alle mit dem gleichen Hemerobiegrad bewertet, es wird nicht unterschieden zwischen vollversiegelten Flächen und den Bahnbauten.

Tabelle 4: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe mit Bodenversiegelung

Objekt	Eingriff	Häufigkeit	Stärke Effekt auf...	Zeit (Mt. / J.)	H-Wert
Bodenversiegelung					
Strassen 6m	Versiegelung durch Strassenbau (1), Nutzung durch motorisierten Verkehr (2)	(1) immer (2) oft	Vegetation: 10 Wildtiere: 9 Boden: 10	12	10
Strassen 4m	Versiegelung durch Strassenbau (1), Nutzung durch motorisierten Verkehr (2)	(1) immer (2) oft	Vegetation: 10 Wildtiere: 9 Boden: 10	12	10
Strassen 3m	Versiegelung durch Strassenbau (1), Nutzung durch motorisierten Verkehr (2)	(1) immer (2) oft	Vegetation: 10 Wildtiere: 9 Boden: 10	12	10
Gebäude	Versiegelung (1), Überbauung (3)	(1) immer (3) immer	Vegetation: 10 Wildtiere: 9 Boden: 10	12	10
Eisenbahnlinie	Versiegelung (1), Nutzung durch Eisenbahnverkehr (4), Roundup Behandlung des Bahntrasses (5)	(1) immer (4) oft (5) selten	Vegetation: 10 Wildtiere: 9 Boden: 10	12	10

4.2.3. Umsetzung als Modell

Auch hier wird analog zur Umsetzung im Tourismusmodell in vier Schritten vorgegangen. Zuerst werden die Strassen gemäss ihrer Grösse gefiltert, um dann entsprechend gepuffert zu werden. Die Breiten der Strassen, welche gepuffert werden, entsprechen den Maximalwerten aus dem Objektkatalog von swisstopo (2012), welche nicht den Breiten der Objektnamen entsprechen. Die Eisenbahnlinien wurden anhand eines Satellitenbildes ausgemessen, und bei den Bauten wurde die Annahme getroffen, dass rund 5m der Umgebung des Gebäudes auch versiegelt sind. Die entsprechenden Puffer werden mittels Maximalbewertung verrechnet.

In Tabelle 5 sind die Pufferbreiten der verschiedenen Objekte mit Versiegelung aufgelistet. Die Puffer sind jeweils beidseitig bei einem Linienobjekt und rundum bei einem Polygon angelegt, eine Strasse mit einem Puffer von 5m ist also 10m breit.

Tabelle 5: Pufferbreiten der Versiegelungsobjekte

Objekt	Puffer	Objekt	Puffer
Strassen 6m	5m	Eisenbahntrasse	3.5m
Strassen 4m	3m	Gebäude	5m
Strassen 3m	2.5m		

4.2.4. Resultat der Versiegelungsebene

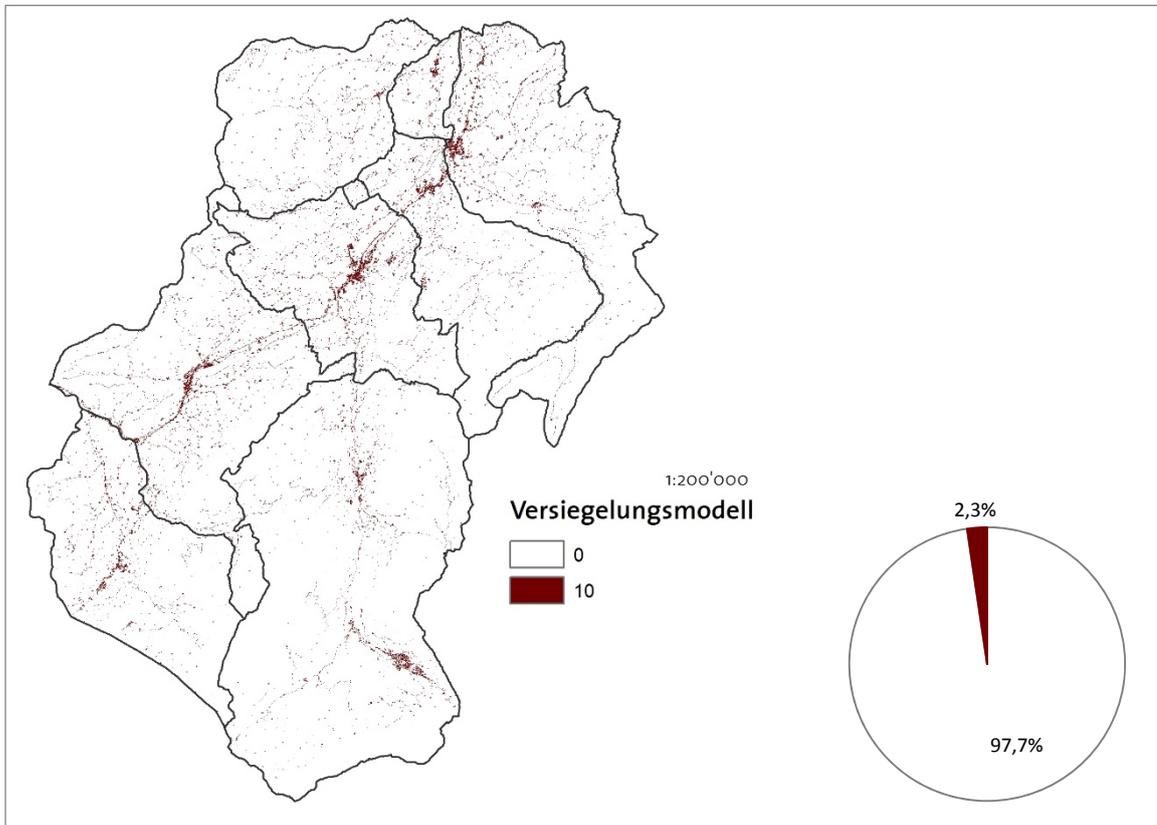


Abbildung 4: Hemerobiewertkarte der Versiegelung, Daten: Kanton Luzern & swisstopo

Die versiegelten Flächen machen insgesamt nur 2.3% der gesamten Fläche der UBE aus. Diese Flächen erstrecken sich v.a. entlang der Talsohle und zeigen die Ballungszentren der Siedlungen rund um Sörenberg, Flühli, Marbach, Escholzmatt, Schüpfheim und Entlebuch. Gut zu erkennen ist auch der Effekt der Fragmentierung durch die Strassen- und Siedlungsflächen.

4.2.5. Verifizierung

Um einschätzen zu können, wie realistisch die Annahmen und die darauf beruhenden Resultate sind, wird versucht, das Resultat mit Angaben der Arealstatistik 2004/09 des Bundesamts für Statistik (BFS) zu vergleichen. Die Arealstatistik des BFS wird in einem Turnus von 12 bzw. 9 Jahren erhoben und enthält Informationen zur Bodennutzung und -bedeckung, welche aufgrund von Luftbildern erstellt wurden.

In der Arealstatistik sind die Bodennutzungen in Kategorien verfügbar, mit den zusätzlichen Angaben des BFS zum durchschnittlichen Bodenversiegelungsgrad der Kategorien (siehe Abbildung 5) kann der Versiegelungsgrad der ganzen UBE zum Vergleich berechnet werden.

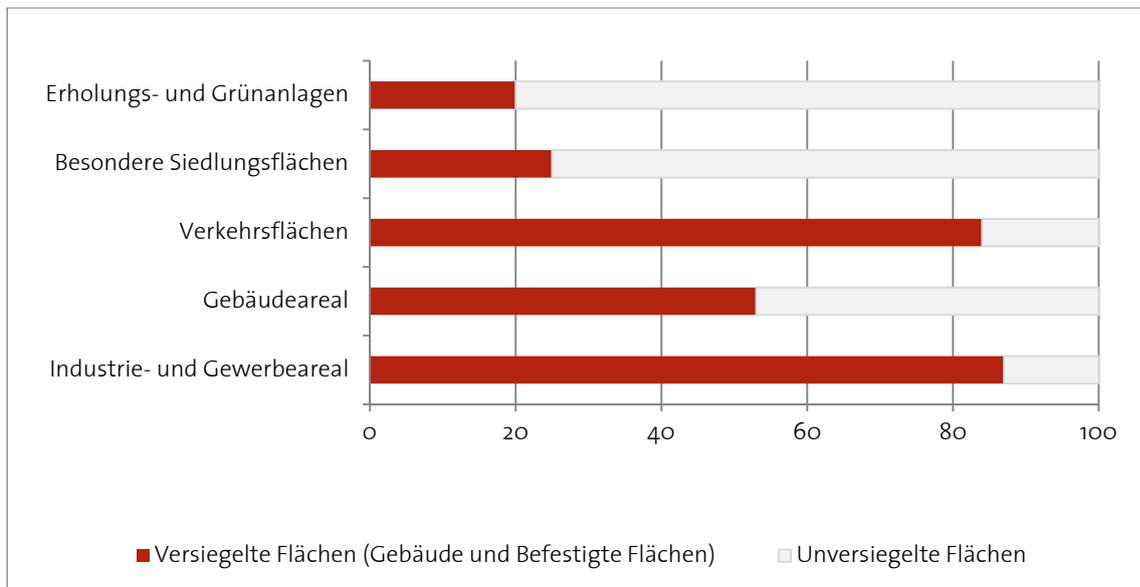


Abbildung 5: Versiegelungsgrad, Quelle: BFS - Arealstatistik (2013)

Aufgrund dieser Berechnungen mit der Arealstatistik gelangt man zu einem Anteil von 2.1% versiegelter Fläche an der Gesamtfläche der UBE. Dies entspricht in etwa der Grössenordnung des Resultates, welches auch in den Modellberechnungen erzielt wurde. Die Diskrepanz zwischen beiden Resultaten wird als vernachlässigbar betrachtet, da beide Modellberechnungen mit Unsicherheiten verbunden sind. Die eigene Berechnung mit den Geodaten von swisstopo ist aber tendenziell optimistischer ausgelegt, dies v.a. aufgrund der Pufferung der Gebäude mit einem Radius von 5m.

4.3. Störungsebene Landwirtschaft

4.3.1. Beschreibung der Landwirtschaft im Entlebuch

Die Landwirtschaft mit ihren vielen eher kleinen Betrieben prägt die Landschaft des Entlebuch massgeblich, von den Ackerflächen auf der Talsohle bis zu den Sömmerungsgebieten der Alpwirtschaft, und macht gut die Hälfte der Landnutzung der UBE aus (Schweizerische UNESCO-Kommission, 2007). Die Anzahl der Beschäftigten im ersten Sektor (Land- und Forstwirtschaft) liegt im Entlebuch mit 34.2% deutlich über dem gesamtschweizerischen Schnitt von 4% (Knaus, 2011), entsprechend gross ist auch die wirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft für das Entlebuch. Einerseits entsteht dadurch ein Konfliktfeld zwischen Landwirtschaft und Naturschutz, andererseits aber auch ein Miteinander durch Einbezug des Naturschutzes in die Landwirtschaft beispielsweise bei der Erbringung von Pflegemassnahmen durch die Landwirte.

Die Talsohle ist geprägt von einer intensiven Grünlandbewirtschaftung, welche aus verschiedenen Arten von Dauerwiesen besteht. Diese Dauerwiesen stellen einen Sammelbegriff für mittel-intensive bis intensive Wiesen dar und sind bezüglich N-Düngung vergleichbar mit mässig intensiven Ackerkulturen. Sie machen mit insgesamt 56.4% über die Hälfte der Landwirtschaftsflächen aus. Getreidekulturen dagegen machen mit 1.5% nur einen geringen Anteil aus, und Gemüsekulturen haben gar nur einen Anteil von nicht einmal 0.1%.

Extensiv genutzt werden gut 15% der landwirtschaftlichen Flächen, sie sind oft Teil von Ausgleichsflächen, welche zwingend für den Erhalt von Direktzahlungen sind. Zusätzliche finanzielle Anreize ergeben sich für Pflegeverträge des Kantons für Objekte von hoher ökologischer Qualität, für Öko-Qualitätsbeiträge, für

ökologische Ausgleichsflächen von ebensolcher ökologischen Qualität und für die Vernetzung von Ausgleichsflächen. Die Ausgleichsflächen machen im intensiv genutzten Talbereich einen geringeren Anteil aus als im stärker abgelegenen und moorreicheren Hinterland (Knaus, 2011).

Weiter bestehen etwa 20% der Landwirtschaftsflächen aus Weiden und gut 3% aus wenig intensiven Wiesen und Heuwiesen. Die Heuwiesen sind meist in Sömmerungsgebieten der Alpwirtschaft. Der Anteil der Flächen ohne landwirtschaftliche Hauptzweckbestimmung besteht aus Bauland, Eisenbahngeländen, Militäranlagen, öffentlichen Strassen und Gewässern.

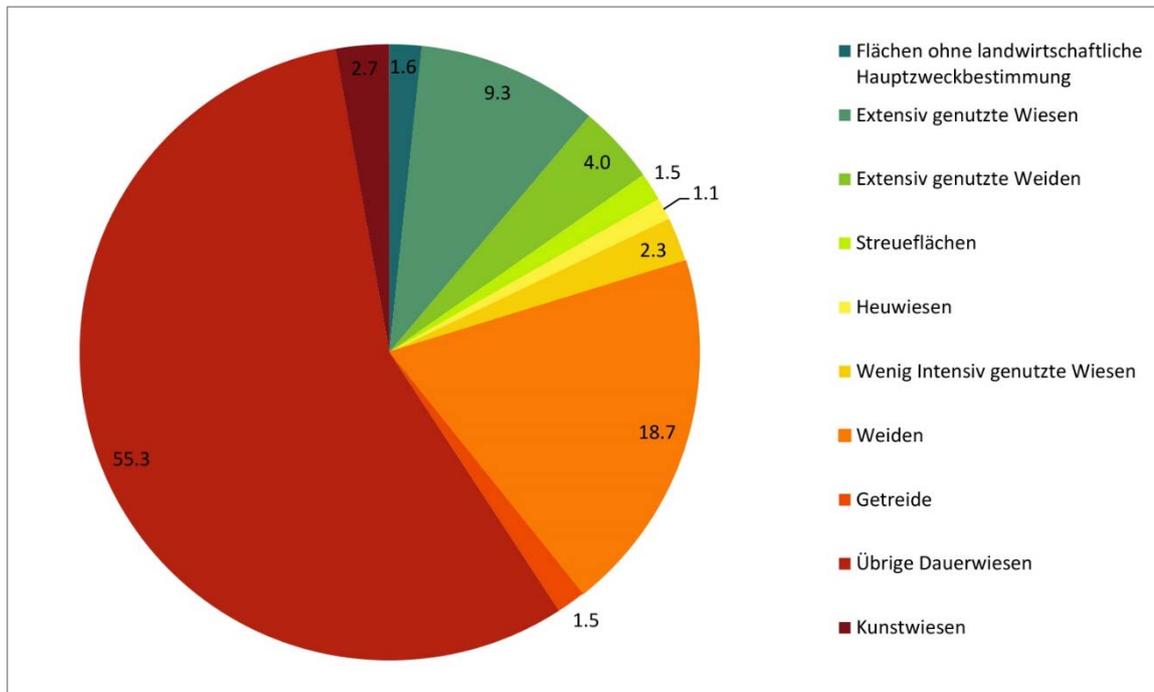


Abbildung 6: Anteile Landwirtschaftskulturen in der UBE (Anteile < 0.5% nicht dargestellt)

4.3.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung

Die Landwirtschaft ist flächenmässig der bedeutendste anthropogene Eingriff in der UBE. Um die Flächen für landwirtschaftliche Zwecke benutzen zu können, muss die Verwaldung verhindert und der Boden gedüngt und bearbeitet werden. Durch die Nutzungen werden teilweise in grossen Mengen Nährstoffe zugeführt und dadurch Zusammensetzung und Artenreichtum von Wiesen und angrenzenden Ökosystemen beeinflusst. Durch das Befahren und Bearbeiten des Bodens kann es zu Bodenverdichtungen und Erosion kommen. Insgesamt weicht die Artenzusammensetzung auf Landwirtschaftsflächen stark vom natürlichen Zustand ab.

Im Folgenden werden die Landwirtschaftsflächen gemäss ihrer Intensität klassifiziert, wobei die Intensität anhand der zugeführten Stickstoffmenge bewertet wird. Die Daten wurden von Enrico Celio zuhanden der UBE aufbereitet und sind so genormt, dass eine Intensität von 1 die Grenze zwischen extensiv und wenig intensiv bei Wiesen und Weiden sowie die Grenze zwischen hohem und normalem Ertrag bei Ackerkulturen darstellt (Celio, 2013). Die Intensitäten der verschiedenen angebauten Kulturen wurden flächengewichtet auf die Betriebsparzellen oder die Parzellen der amtlichen Vermessung aggregiert. Die Flächenzunahme durch die Hangneigung wird durch einen Korrekturfaktor für Flächen mit einer Neigung von mehr als 18% berücksichtigt.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Kulturen und ihre genormten Stickstoff-Intensitäten aufgeführt. Die Angaben über diese Intensitäten stammen aus der Wegleitung zur Suisse-Bilanz (Agridea & BWL, 2012).

Tabelle 6: Nährstoffintensitäten der wichtigsten Kulturen

Kultur	Intensnorm	Kultur	Intensnorm
Extensive Wiesen	0	Triticale	1.75
Extensive Weiden	0	Kunstpflanzen	1.83
Streueflächen	0	Übrige Dauerwiesen	1.83
Nichtlandwirtschaftsflächen	0	Wintergerste	1.83
Heuwiesen	0.83*	Körnermais	1.83
Wenig intensiv genutzte Wiesen	1	Kartoffeln	1.83
Silo- und Grünmais	1.5	Winterweizen	2.33
Weiden normal	1.66	Futterweizen	2.33
Dinkel	1.66	Winterraps	2.33
Futtermüben	1.66		

*Mittelwert aus intensiven und extensiven Heuwiesen

Der Hemerobiegrad der Eingriffe ist zwischen 4 und 8 zu bewerten, ein Hemerobiegrad grösser als 8 wird nicht vergeben, weil hierfür gravierende Bodendegradation und schwerwiegende Schädigungen der betroffenen Lebensräume nötig wären.

Tabelle 7: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch die Landwirtschaft

Objekt	Eingriff	Häufigkeit	Stärke Effekt auf...	Zeit	H-Wert
Landwirtschaft					
Intensität <0.4	Offenhaltung der Wiesen (1), Streuentnahme (2)	(1) immer (2) gelegentlich	Vegetation: 4 Wildtiere: 4 Boden:4	>9 Mt.	4
Intensität <0.8	Streuentnahme (2), Beweidung (3), geringe Nährstoffzufuhr durch Düngung (4)	(2) oft (3) oft (4) selten	Vegetation: 6 Wildtiere: 4 Boden: 6	>9 Mt.	5
Intensität <1.2	Beweidung (3) Düngung (4), Störung der Wildtiere durch Bewirtschaftung (5)	(3) oft (4) gelegentlich (5) oft	Vegetation:7 Wildtiere: 5 Boden: 7	>9 Mt.	6
Intensität <1.6	Beweidung (3) Düngung (4), Störung der Wildtiere (5), Einsatz Pestizide (6), starke Veränderung der Vegetation (7)	(3) häufig (4) oft (5) oft (6) oft (7) immer	Vegetation: 8 Wildtiere: 5 Boden:8	>9 Mt.	7
Intensität >1.6	Düngung (4), Störung der Wildtiere (5), Einsatz Pestizide (6), starke Veränderung der Vegetation (7), Bodenverdichtung (8), fehlender Schutz und fehlende Kleinstrukturen für Wildtiere (9)	(4) oft (5) oft (6) oft (7) immer (8) immer (9) immer	Vegetation: 9 Wildtiere: 6 Boden: 9	>9 Mt.	8

Die Eingriffe sind zwar nicht ganzjährig vorhanden, im Schnitt aber mehr als 9 Monate im Jahr. Die Eingriffe werden entsprechend ohne eine Korrektur bewertet.

4.3.3. Analyse der Störungsklassen der Landwirtschaft

Im Folgenden werden die einzelnen Hemerobieklassen anhand der Landwirtschaftskulturen, welche sie beinhalten, genauer charakterisiert. Bei der Hemerobiebewertung der Landwirtschaftsflächen werden alle beinhaltenen Kulturen flächengewichtet verrechnet. Durch diese flächengewichtete Aggregation der Intensitäten auf die Betriebsparzellen sind in kleinem Masse auch Kulturen mit abweichenden Intensitäten in den jeweiligen Hemerobieklassen vertreten. So ist es z.B. möglich, dass auch auf der Hemerobiestufe 8 extensiv genutzte Wiesen vorkommen, obwohl diese einer Intensitätsnorm von null entsprechen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass Flächen mit einer Neigung von über 18% mit einem Intensitätsabzug von -0.5 korrigiert wurden. Steilere Parzellen werden aufgrund dieser Korrektur eher mit einem geringeren Hemerobiegrad bewertet.

In den hier folgenden Abbildungen werden einige vereinfachende Massnahmen getroffen: Verschiedene Getreidekulturen werden zu einer Kategorie zusammengefasst, und Flächen, die einen Anteil von weniger als 0.5% ausmachten, werden nicht in den Grafiken dargestellt.

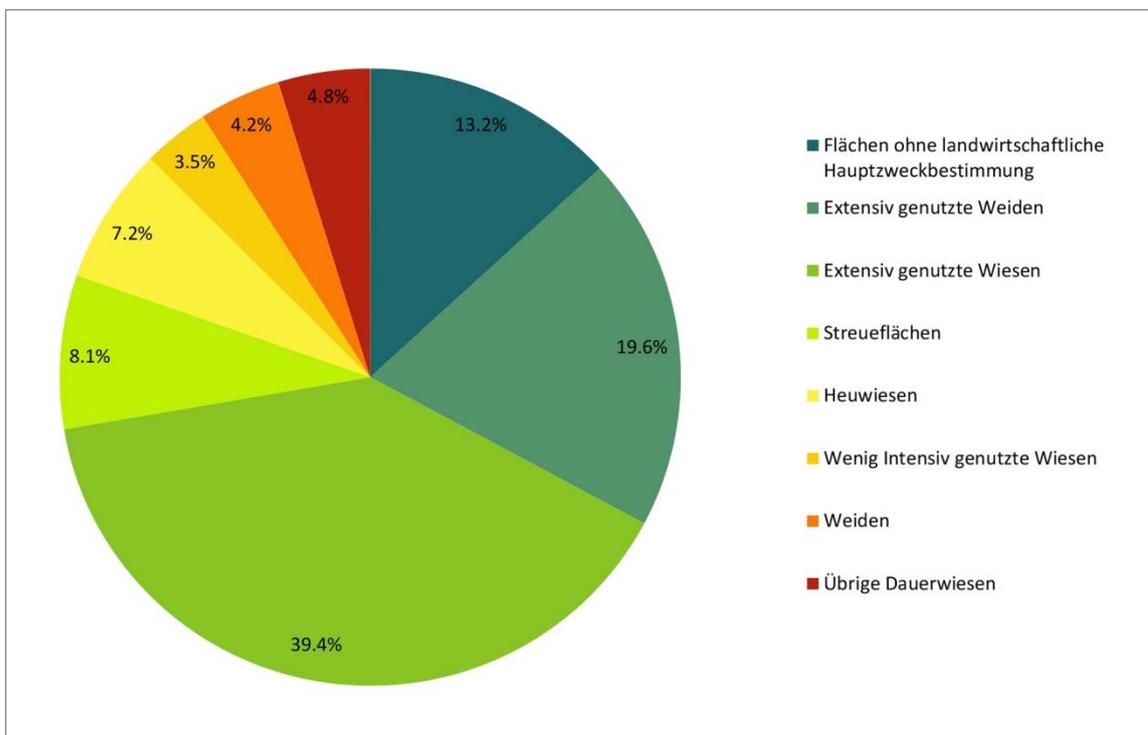


Abbildung 7: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 4

Die Störungsklasse mit Hemerobiewert 4 ist geprägt von extensiv genutzten Wiesen und Weiden, dazu kommen Flächen ohne landwirtschaftliche Nutzung, Streueflächen und Heuwiesen. Lediglich 12.5% der Kulturen in dieser Klasse sind wenig intensiv oder intensiv.

Diese Klasse macht einen Anteil von 29.9% der gesamten Landwirtschaftsfläche aus und besteht v.a. aus Lagen, deren Nutzung wegen Exposition und Lage eher aufwändig ist. Weiter sind auch Bauland, Militäranlagen und Strassen als Flächen ohne landwirtschaftliche Nutzung ein häufiger Bestandteil dieser Klasse. Ein wichtiger Einfluss für die schonende Bewirtschaftung diese Flächen sind neben der erschwerten Bewirtschaftung zusätzliche Schutzbestimmungen, welche für Flächen des nationalen Moorinventars gelten.

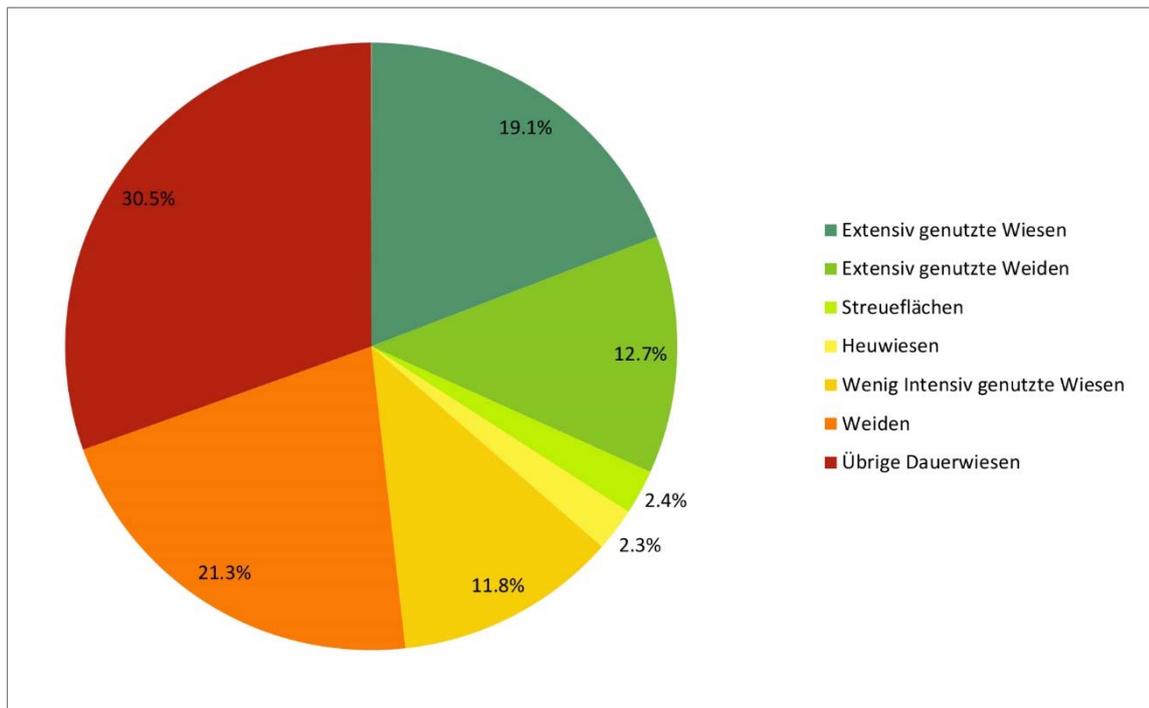


Abbildung 8: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 5

Wie schon in der Störungsklasse mit Hemerobiewert 4 behalten die extensiv genutzten Wiesen in der Störungsklasse mit Hemerobiewert 5 ihre prägende Rolle bei praktisch gleich bleibendem Anteil bei. Dagegen werden die extensiven Weiden hier zu einem grossen Teil durch ihr intensiv beweidetes Pendant ersetzt. Dazu gewinnen die intensiver bewirtschafteten Dauerwiesen mit einem Anteil von 30.5% an Bedeutung. Die Verschiebung hin zu einer leichten Intensivierung der Landwirtschaft schlägt sich auch im geschrumpften Anteil von 36.5% extensiv bewirtschafteter Wiesen nieder.

Hier handelt es sich um eine heterogene Klasse von Flächen, welche häufig sowohl intensivere Wiesen und Weiden sowie extensivere Bewirtschaftungsformen beinhalten. Flächenmässig macht diese Klasse lediglich 6.3% aus. Dies liegt einerseits daran, dass es keine Kulturen mit Intensitäten gibt, welche grösser als null aber kleiner als 0.8 sind. Andererseits treten die intensiveren Landwirtschaftsflächen meist nur als grössere Flächen auf, damit sich die Bewirtschaftung aus Effizienzaspekten überhaupt lohnt. Dies führt zu einer gewichteten Intensität, welche durch die hohen Werte der intensiven Flächen bestimmt wird und somit meist einen Intensitätswert grösser als 1 ergibt. Zudem sind die extensiven und intensiven Flächen oft auch räumlich getrennt, da sich die extensiven eher in weniger gut nutzbaren Lagen befinden und die intensiveren in solchen, welche gut maschinell bewirtschaftet werden können. Eine Ausnahme bilden hier die intensiveren Weiden, welche öfters in Kombination mit extensiven Flächen auftreten.

Grundsätzlich wären solche Flächen sehr wünschenswert für Flächen in Talnähe, um auch hier eine gewisse Strukturvielfalt und Heterogenität sicherzustellen. Mit Bestrebungen des Vernetzungsprojektes wären solche Szenarien gut zu vereinbaren, da dadurch Korridore mit extensiver Bewirtschaftung innerhalb intensiver Bewirtschaftungsformen geschaffen werden könnten. Allerdings stehen solche Szenarien mit den Vorstellungen und der benötigten Produktivität der Landwirtschaft für die Landwirte in einem gewissen Widerspruch.

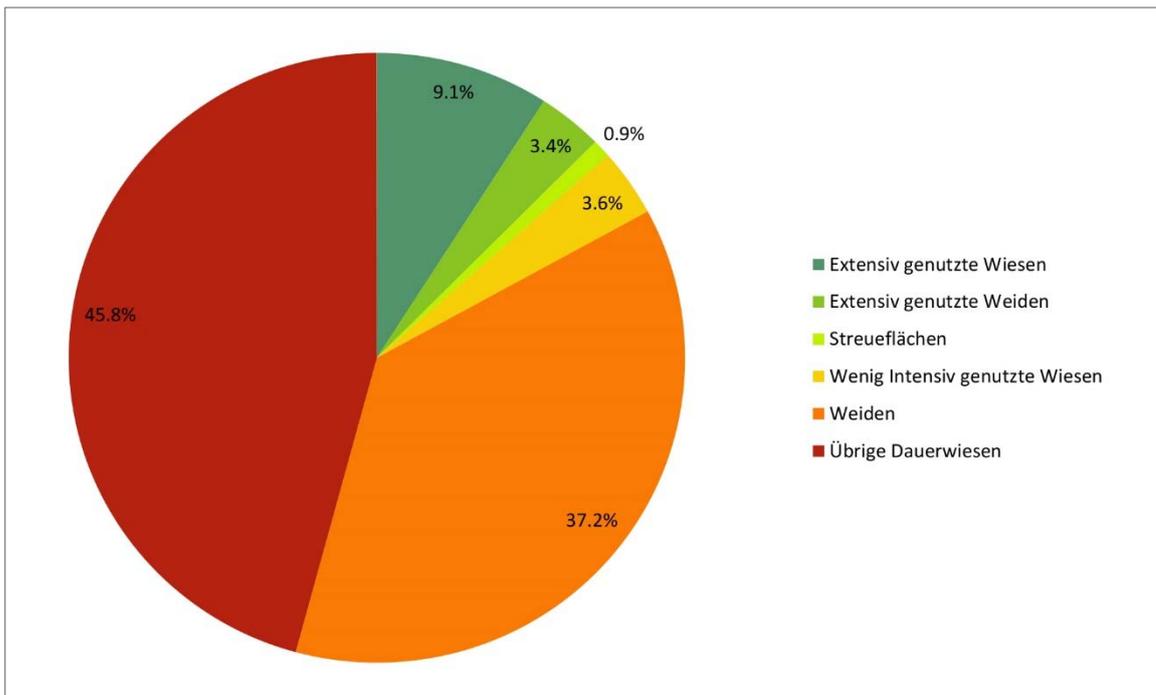


Abbildung 9: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 6

Die Störungsklasse mit Hemerobiewert 6 ist geprägt von den intensiven Dauerwiesen und den intensiveren Weiden. Beide Flächen zusammen machen über 80% der gesamten Landwirtschaftsflächen mit Hemerobiewert 6 aus. Daneben findet man immer noch einen beachtlichen Anteil an extensiven Wiesen sowie kleinere Anteile an extensiven Weiden, Streueflächen und wenig intensiven Wiesen.

Die Intensitätsbewertungen von unter 1.2 trotz den grossen Anteilen an intensiven Flächen sind mit dem Korrekturfaktor für Flächen mit einer Neigung von mehr als 18% zu begründen, welcher hier insbesondere bei den Weiden ziemlich oft angewendet werden konnte. Diese Hemerobiekategorie macht einen Anteil von 21.9% an der gesamten Landwirtschaftsfläche aus.

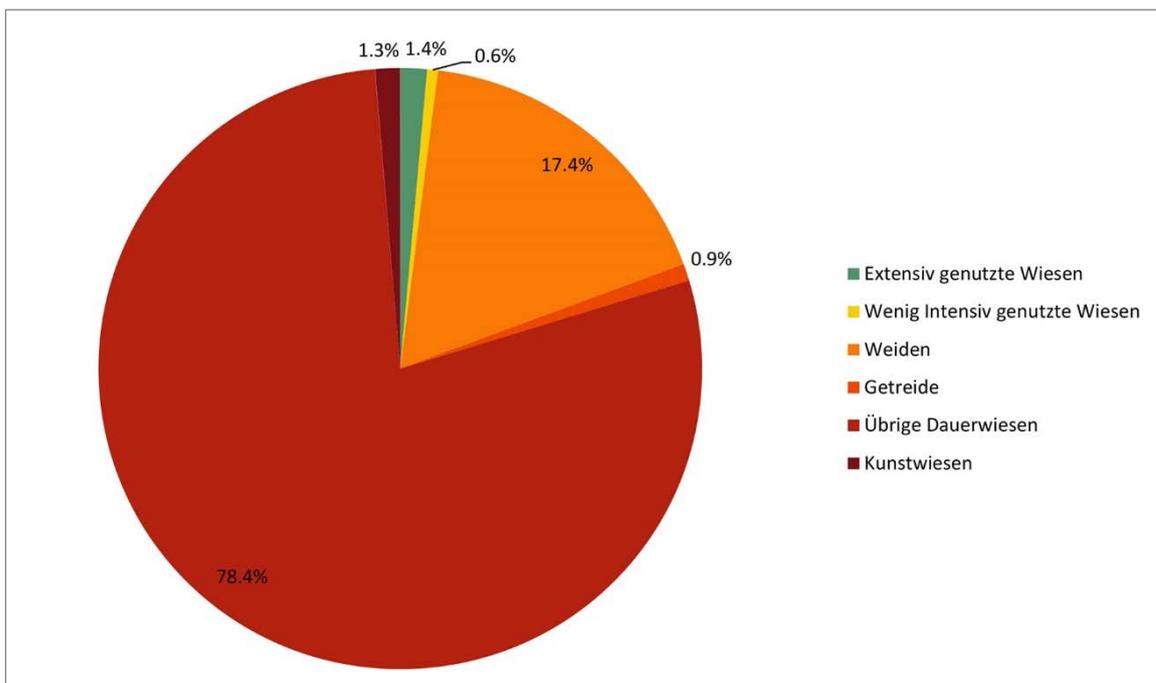


Abbildung 10: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 7

Die Störungsklasse mit Hemerobiewert 7 wird bestimmt durch Parzellen mit einem Hauptbestandteil aus intensiven Dauerwiesen und einem kleineren Nebenbestandteil aus intensiven Weiden. Extensive Kulturen sind nur noch als kleinflächige Restbestandteile meist in Form von extensiven Wiesen übrig geblieben.

Die Störungsklasse mit Hemerobiewert 7 ist neben derjenigen mit Hemerobiewert 4 mit einem Flächenanteil von 26.8% eine der prägendsten Störungsklassen. Ein grosser Teil der Flächen der Talsohle und der unteren Hangflächen sind von dieser Hemerobiestufe betroffen.

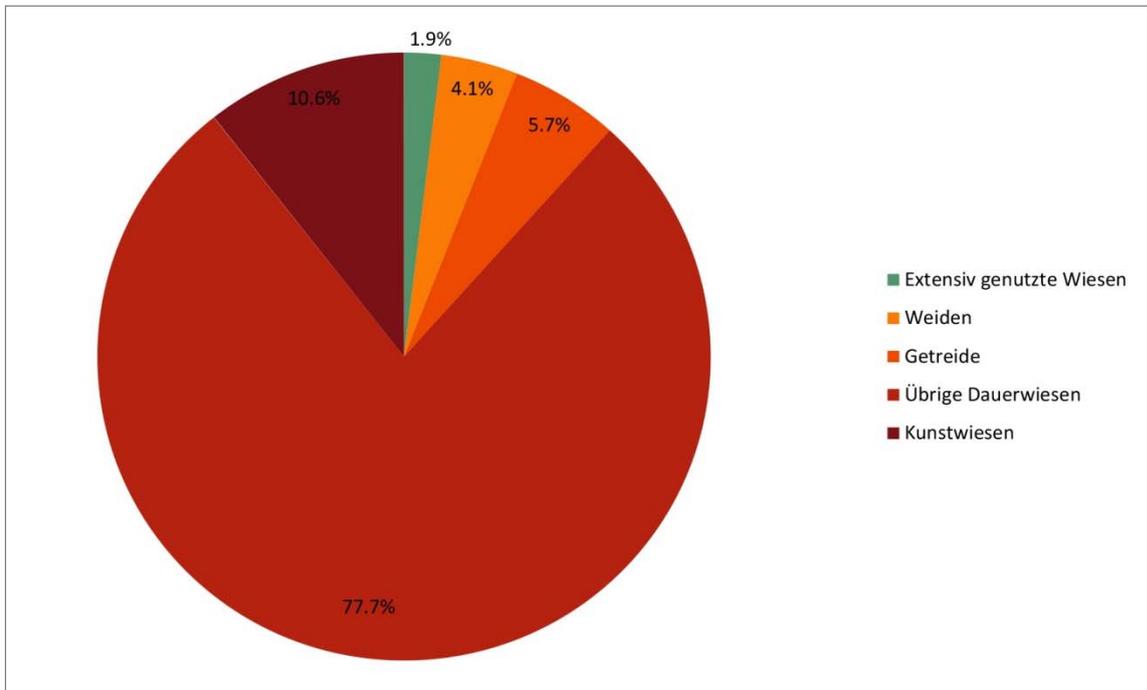


Abbildung 11: Landwirtschaftskulturen mit Hemerobiewert 8

In der Störungsklasse mit Hemerobiewert 8 sind im Vergleich zur nächst kleineren Klasse die Anteile der intensiven Dauerwiesen fast konstant geblieben. Dagegen wurden mehr als 2/3 der intensiven Weiden durch intensive Kunstwiesen und Getreidekulturen ersetzt. Ein Restbestand an extensiven Wiesen ist auch hier übrig geblieben. Die hohen Intensitätsbewertungen sind durch den nur noch geringen Anteil an Weiden und das fast gänzliche Ausbleiben von Korrekturen in Hanglagen zu erklären.

Diese Störungsklasse macht mit ihrem Anteil von 15.1% einen geringeren Flächenanteil aus als die nächst geringere Hemerobiestufe und ist fast ausschliesslich auf ebenen Flächen des Talbodens zu finden, wo mit geringem Aufwand und maschinellen Hilfsmitteln sehr intensiv und mit hohen Erträgen Landwirtschaft betrieben werden kann. Sie teilt sich die Flächen des Talbodens mit den Flächen der Hemerobiestufe 7, wobei sie die zentralen Tallagen beansprucht.

4.3.4. Umsetzung als Modell

In diesem Modell erübrigt sich die Aufbereitung der Inputdaten grösstenteils, da diese bereits in aufbereiteter Form vorhanden sind. Die Bewirtschaftungsdaten in Form einer Access Datenbank und einer auf Parzellenebene aggregierten GIS-Karte werden von Enrico Celio (2013) übernommen.

Auf dem Perimeter der Gemeinde Escholzmatt waren leider bis zum jetzigen Zeitpunkt die Betriebsparzellen nicht verfügbar. Aus diesem Grund wurden hier die Parzellen der amtlichen Vermessung verwendet, welche allerdings grösser und in Bezug auf Landwirtschaftsdaten weniger genau sind. Um die Genauigkeit dieser Parzellen trotzdem zu gewährleisten, wurden ungeeignete Flächen wie Wald und Felsen ausgeschnitten.

4.3.5. Resultat

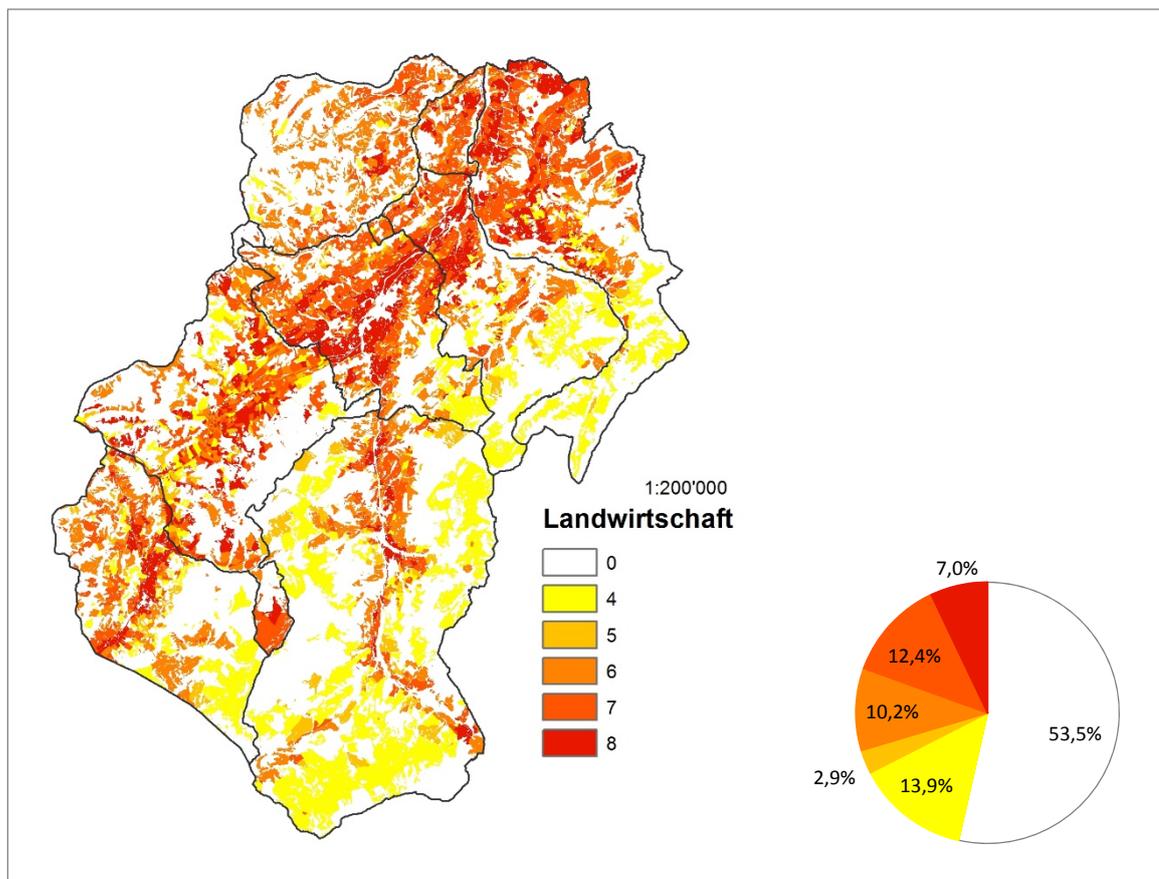


Abbildung 12: Hemerobiewertkarte der Landwirtschaft, Daten: Kanton Luzern & UBE

Die Landwirtschaft ist gemäss den Modellberechnungen mit einem Flächenanteil von 46.5% die wichtigste Störungsebene, welche betrachtet wird. Sie schafft Standorte mit meso- bis α -euhemerober Prägung.

Die Hemerobiestufen der Landwirtschaft verteilen sich anhand räumlicher Muster über einen Grossteil der UBE. Während die höheren Hemerobiestufen eher in den flachen Tallagen zu finden sind, befinden sich die niedrigeren Hemerobiestufen eher in Hanglagen und tendenziell weiter entfernt von den Haupttälern. Am höchsten ist der Hemerobiegrad entlang des Haupttales und insbesondere in dessen nördlichem Teil rund um Schüpflheim, Entlebuch und Ebnet. Die Bewirtschaftung des Waldemmentals in Richtung Flüfli und Sörenberg weist eine höhere räumliche Konzentration der hohen Hemerobiegrade auf.

Die niedrigeren Hemerobiestufen verteilen sich zu einem grossen Teil auf die östlichen Teile der UBE entlang der Brienzer Rothorn-Kette, der Schratteflue, der Schwändiliflue und in Richtung des Schlierengrades.

Bestimmt werden die Intensitäten und Verteilungen der verschiedenen Bewirtschaftungsformen v.a. durch die typischen Landwirtschaftsformen dieser Region. Am prägendsten ist dabei die Viehwirtschaft, welche aus einer Kombination von Milchwirtschaft und Fleischwirtschaft mit Rindern in den Talgebieten und Alpbetrieb im Sommer in den Berggebieten besteht. In der Region Flühli-Sörenberg findet man häufig zusätzliche Mischformen, welche neben Milchwirtschaft auch noch Schweine- und Ziegenhaltung beinhaltet (Coch, 2008, Hofstetter et. al., 2006).

4.3.6. Bedeutung der Moorflächen für die Landwirtschaft

Gemäss eigenen Berechnungen mit Geodaten des Bundesinventar der Hoch- und Flachmoore von nationaler Bedeutung befinden sich auf dem Perimeter der UBE insgesamt 18 km² Flachmoore von nationaler Bedeutung und knapp 6 km² Hochmoore. Die Hochmoore sind räumlich häufiger von den Landwirtschaftsflächen getrennt, während die Flachmoore oft Überschneidungen mit den Landwirtschaftsflächen aufweisen. Gemäss Hammer et al. (2011) befinden sich 50 Land- und mehr als 100 Alpwirtschaftsbetriebe auf Flächen des Flachmoorinventars.

Rechtlich ist der Moorschutz mit dem "Rothenthurm-Artikel" (Art. 78 Abs. 5 BV) in der Bundesverfassung verankert:

"Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und gesamtschweizerischer Bedeutung sind geschützt. Es dürfen darin weder Anlagen gebaut noch Bodenveränderungen irgendwelcher Art vorgenommen werden. Ausgenommen sind Einrichtungen, die der Aufrechterhaltung des Schutzzweckes und der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung dienen."

Der Bund hat auf Basis dieser Rechtsgrundlage und des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) Verordnungen mit Inventaren zum Schutz der Moorlandschaften erlassen. In den Verordnungen zu den Flach- und Hochmooren (NHG 1991, Verordnung 451.32 & 451.33) sind folgende Schutzziele festgehalten:

- Ungeschmälerte Erhaltung in Fläche und Qualität
- Erhaltung und Förderung der standortheimischen Pflanzen und Tierwelt
- Erhaltung der typischen Geländeform
- Aufwertung und Wiederherstellung bereits geschädigter Moorflächen

Entsprechend den rechtlichen Grundlagen ist also die bisherige landwirtschaftliche Nutzung weiterhin erlaubt, sie muss aber gemäss der Verordnung des NHG die ungeschmälerte Erhaltung der Flächen und deren Qualität gewährleisten und fördern. In der Praxis geschieht dies mittels Vereinbarungen zwischen Bewirtschafter und Kanton, wobei die Mindererträge und ökologischen Leistungen abgegolten werden. Für die meisten Flachmoore werden dabei extensive Bewirtschaftungsformen empfohlen (BAFU, 2010).

Um diese extensiven Bewirtschaftungen in unserem Modell zu überprüfen, haben wir die Bewirtschaftungsintensitäten von Landwirtschaftsflächen analysiert, welche sich zu mehr als 75% mit den Hoch- und Flachmooren überschneiden:

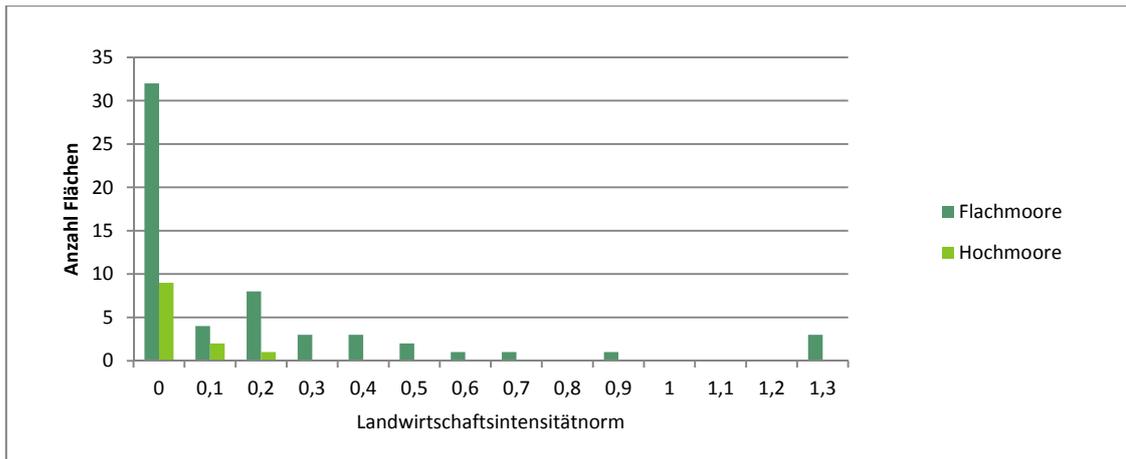


Abbildung 13: Landwirtschaftsintensitäten von Flächen mit Objekten des Moorinventars

Wie in der obigen Abbildung ersichtlich ist, werden bis auf zwei Ausreisser alle Moorflächen extensiv, d.h. mit einer Intensitätsnorm kleiner als 1 bewirtschaftet. Die Ausreisser können möglicherweise mit der Aggregation von mehreren Nutzungsarten auf eine Parzelle erklärt werden, dadurch kann eine kleine Teilfläche mit intensiver Nutzung die Intensität erhöhen, wenn auch diese Fläche unter Umständen auf jenen 25% der Parzelle liegt, welche sich nicht mit den Moorflächen überschneiden.

Diese Flächen werden zum grössten Teil mit dem geringsten Hemerobiewert für landwirtschaftliche Flächen, 4, bewertet. Dies erscheint sinnvoll, da diese Flächen einerseits Ergebnisse menschlicher Nutzungs- und Pflegeformen sind und andererseits gepflegt werden müssen, um nicht zu verwalden. Vergleicht man die Eingriffe mit den Waldnutzungen, welche mit Hemerobiewerten bis 3 bewertet werden, erscheint eine Klassifizierung von Moorstandorten beginnend mit einem Hemerobiewert von 4 als sinnvoll. Sowohl die Stärke der Eingriffe, um Moore waldfrei zu halten, als auch die Häufigkeit der Eingriffe unterstützen diesen Entscheid.

4.3.7. Verifizierung anhand von Ortobildern

Um die Resultate betreffend die Landwirtschaftsebene auf ihre Plausibilität zu überprüfen, wurden Parzellen aufgrund ihrer Klassifizierung mit Satellitenaufnahmen von Google Maps verglichen. Insgesamt sind gemäss den Vergleichen die Resultate als glaubwürdig einzustufen. Im Folgenden wird zur Illustration das Ortobild einer intensiven Landwirtschaftsfläche (Hemerobiestufe 8) mit einer extensiven Fläche (Hemerobiestufe 4) verglichen.



Abbildung 14: Ortobild intensiver (H-Wert =8) Landwirtschaftsfläche, abgeändert nach Google Maps



Abbildung 15: Ortobild extensiver Landwirtschaftsfläche (H-Wert=4), abgeändert nach Google Maps

Auf den Abbildungen 14 und 15 erkennt man die grossen Differenzen zwischen intensiver und extensiver Bewirtschaftung. Bei der intensiv bewirtschafteten Fläche findet man Ackerkulturen, Wiesen und Weiden. Bewirtschaftet ist hier praktisch die ganze Fläche, ein geringer Anteil Fläche wird durch lockere Hecken beansprucht. Den Gegensatz zu dieser Bewirtschaftungsform im Talboden stellen die Sömmerungsweiden in Abbildung 15 dar, welche stellvertretend für die extensivsten Bewirtschaftungsformen sind. Diese Flächen werden nur saisonal durch die Alpwirtschaft genutzt, wobei meist Tiere gesömmert werden und in produktiveren Lagen das Heu genutzt wird.

4.4. Störungsebene Forstwirtschaft

4.4.1. Bedeutung des Waldes in der UBE

Mit einem Anteil von knapp 40% der Fläche sind die Wälder ein wichtiges und prägendes Element der Landschaft der UBE. Die Verteilung der bewaldeten Flächen wird zu einem grossen Teil von der menschlichen Landnutzung für Landwirtschaft und Siedlung bestimmt.

Der Entlebucher Wald wurde im 19. Jahrhundert zu einem grossen Teil stark übernutzt, um die starke Nachfrage nach Brennholz zu befriedigen. Vielerorts führte die Schwächung der Schutzfunktion des Waldes zu einem vermehrten Auftreten von Überschwemmungen und Rutschungen. Als Massnahme gegen diese Naturereignisse wurde deshalb der Wald grossflächig wieder aufgeforstet, was allerdings zu einem bis heute eher gleichförmigen und instabilen Wald geführt hat (Bergwald Projekt, 2013). Die Ausgangslage dieser meist instabilen Fichtenmonokulturen im Zusammenspiel mit langjähriger Vernachlässigung der Pflege von Waldstandorten führte in den letzten 20 Jahren zu mehreren grösseren Schadensereignissen. Dazu gehören der Sturm Vivian 1990 und Lothar 1999. Beide Ereignisse führten zu grösseren Flächen mit beschädigten oder ganz zerstörten Fichtenbeständen. Darauf folgten in den letzten Jahren, insbesondere im Hitzesommer 2003 grossflächige Borkenkäferkalamitäten (Knaus, 2011).

Durch diese Ereignisse und infolge einer Zunahme an Heterogenität im Bewuchs und einer Erhöhung des Totholzanteiles haben die Lebensräume im Wald stark an Qualität gewonnen. Zudem wurde durch die grossflächige Verjüngung durch Sturmschäden und Käferbefall eine Chance geschaffen, die Waldentwicklung hin zu stärker durchmischten und standortgerechteren Baumbeständen zu steuern. Gemäss dem Waldent-

wicklungsplan der Region Entlebuch wird heute eine "Baumartenzusammensetzung gemäss der pflanzenzoologischen Karte angestrebt" (Lawa, 2007). Dies bedeutet insbesondere einen höheren Anteil an Buchen- und Tannen-Buchenwäldern.

Im besagten Waldentwicklungsplan (Lawa, 2007) wird im Leitbild die Bedeutung und Funktion der Wälder im Entlebuch präzise beschrieben. Dazu gehört die Nutzung der erneuerbaren Ressourcen im Wald, wie Holz, Wild und weitere Naturprodukte. Durch die nachhaltige Nutzung der Ressource Holz wird zudem ein Beitrag zur Reduktion der CO₂- Emissionen geleistet und durch die Jagd werden die Wildtierbestände auf einem stabilen Niveau gehalten. Als Lebensräume stehen die Wälder für biologische Vielfalt und Vitalität, garantiert wird dies durch das gezielte Fördern von standortgerechten Wäldern, Waldrandpflege sowie durch die Ausscheidung von Naturwaldreservaten und Altholzinseln und deren Vernetzung. Durch die Pflege und den Erhalt von stabilen Waldbeständen kann der Wald zusätzliche Schutzleistungen für Siedlungen und Verkehrswege erbringen. Schutzwälder schützen vor Lawinen, Steinschlag, Rutschungen und Hochwasser. Und nicht zuletzt ist der Wald zugänglich für die Erholung der Bevölkerung und kann dazu auch als Lernort für das Verständnis natürlicher Prozesse in Ökosystemen dienen.

4.4.2. Störungsbeschreibung und Klassifizierung

Im folgenden Modell zum Hemerobiegrad der Waldflächen wird davon ausgegangen, dass ein völlig unbewirtschafteter Wald dem geringsten Hemerobiegrad von 1 entspricht. Nicht beachtet werden die Abweichungen von der natürlichen standortgerechten Baumartenzusammensetzung. Daher entspricht hier der Hemerobiegrad 1 relativ gesehen dem geringsten menschlichen Störungsgrad, aber nicht unbedingt dem Referenzwert einer potentiell natürlichen Vegetation.

Die Waldflächen werden anhand der Häufigkeit der Eingriffe zur Holzentnahme, also der Umtriebszeiten bewertet. Durch die Eingriffe wird die Bestockung verändert und durch die Anlegung von Forstwegen der Boden verdichtet.

Tabelle 8: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch die Forstwirtschaft

Objekt	Eingriff	Häufigkeit	Stärke Effekt auf...	Zeitraum [Mt. / J.]	H-Wert
Waldgebiete					
ungenutzte Waldflächen	eingeschränkte natürliche Dynamik: Rutschungen und Murgänge werden, wo möglich, verhindert, Waldbrände gelöscht (1)	(1) selten	Vegetation: 1 Wildtiere: 1 Boden: 1	12	1
wenig genutzte Waldflächen	natürliche Dynamik eingeschränkt (1), Holzschlag (2)	(1) selten (2) selten	Vegetation: 5 Wildtiere: 1 Boden: 1	12	2
regelmässig genutzte Waldflächen	natürliche Dynamik stärker eingeschränkt (1), Holzschlag (2), Bodenverdichtung durch Forstwege (3)	(1) selten (2) gelegentlich (3) gelegentlich	Vegetation: 7 Wildtiere: 1 Boden: 2	12	3

4.4.3. Umsetzung als Modell

Bei der Umsetzung des Modells zur Intensität der Forstwirtschaft werden die Geodaten der Waldflächen anhand der Häufigkeit ihrer Bewirtschaftung unterschieden. Es wird angenommen, dass einzig die Häufigkeit der Bewirtschaftung den Hemerobiegrad der Waldflächen beeinflusst. Die Häufigkeit der Bewirtschaftung wiederum ist abhängig von der Erschliessung und der Erschliessbarkeit des Geländes. Unterschiede der Bewirtschaftung aufgrund von unterschiedlich lukrativen Waldflächen infolge verschiedener Artenzusammensetzung werden wegen relativ einheitlicher Fichtenbestände vernachlässigt.

Es werden drei Bewirtschaftungshäufigkeiten der Waldflächen unterschieden: Regelmässig genutzte, selten und nicht genutzte Waldflächen. Ungefähr 10% der Waldflächen werden gar nicht genutzt, wobei davon ein

grosser Teil Moorflächen sind und der restliche Teil sehr abgelegene und schlecht zugängliche Flächen, von den restlichen 90% wird die Häufigkeit der Nutzungen vom Grad der Erschliessung bestimmt (Urs Felder, mündliche Mitteilung). Im Folgenden betrachten wir den Erschliessungsgrad als abhängig von zwei Faktoren: der Nähe zu einem Forstweg oder einer Strasse sowie der Steigung der Fläche.

Der Erschliessungsgrad der Waldflächen wird wie folgt berechnet: Gemäss Tabelle 9 werden die Flächen durch die Multiplikation des Skalenwertes für die Neigung und des Skalenwertes für die Strassennähe bewertet. Aufgrund der Multiplikation wird jeder Fläche ein Erschliessungswert von 1 bis 36 zugeordnet, wobei der höchste Wert der höchsten Erschliessung entspricht.

Tabelle 9: Erschliessungsindikatoren

Neigung	Wert	Strassennähe	Wert
0 - 20%	6	20m	6
20 - 30%	5	40m	5
30 - 40%	4	80m	4
40 - 50%	3	120m	3
50 - 60%	2	160m	2
60 - ...%	1	200m	1

Als nicht bewirtschaftet werden Flächen des Moorinventars sowie Flächen mit Erschliessungsgrad 1 bewertet, also mit mehr als 60% Steigung sowie einer Entfernung von mehr als 200m zu einer Strasse. Diese Bewertung führt zu einer Waldfläche von 19.97km², welche nicht bewirtschaftet wird, und entspricht einem Anteil von 13.65% an der gesamten Waldfläche.

Zur Unterteilung zwischen regelmässig und selten genutzten Flächen werden wiederum die Erschliessungswerte aus der Multiplikation der zwei Werte aus Tabelle 9 benutzt. Werte von 2 bis 6 bezeichnen selten genutzte Waldflächen, darunter z.B. Flächen mit bis zu 60% Neigung und einer Entfernung zur nächsten Strasse von bis zu 160m, und Flächen mit Werten von 7 und höher werden als regelmässig genutzt klassifiziert. Selten genutzt werden demnach 52.86 km² und damit ein Anteil von 36.1%, regelmässig wiederum 72.7 km² bzw. 49.7%.

Mit den obigen Annahmen der Nutzungsintensitäten der Waldflächen wird einerseits der Anteil an nicht genutzten Flächen leicht höher beurteilt, als es Urs Felder (persönliche Mitteilung) macht. Die Einteilung zwischen seltener Nutzung und regelmässiger Nutzung fällt anteilmässig zugunsten der regelmässigen Nutzungen aus.

4.4.4. Resultate

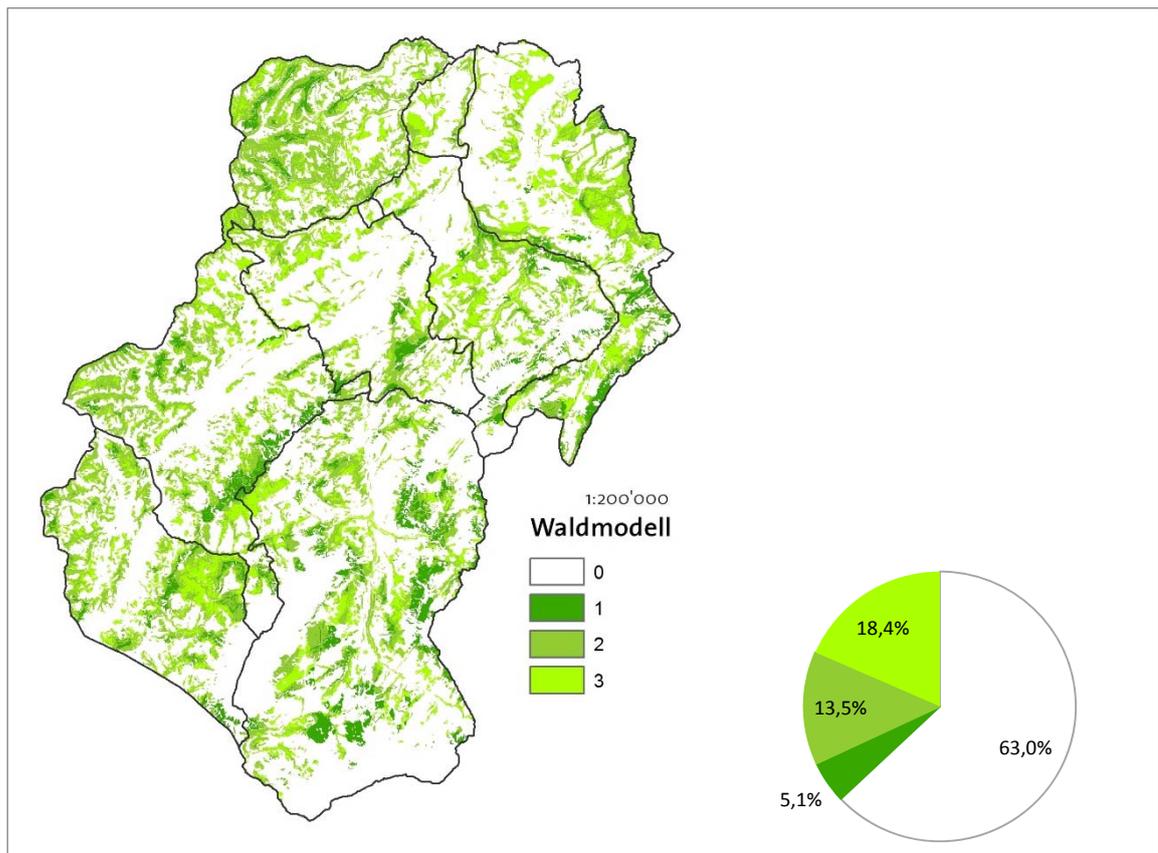


Abbildung 16: Hemerobiewertkarte der Forstwirtschaft, Daten: BAFU, Kanton Luzern & swisstopo

Die Störungsebene der Forstwirtschaft ergänzt die anderen Ebenen mit einem Flächenanteil von 37% an der gesamten UBE und mit Standorten mit ahemerober bis mesohemerober Prägung. Die Waldflächen bedecken unterschiedliche Hanglagen, ihre Grenzen werden durch den Beginn der Kulturlandschaft markiert. Höhere Hemerobiewerte durch häufigere Bewirtschaftung weisen Flächen mit geringerer Neigung und einer geringen Distanz zu Verkehrswegen auf.

Im Gegensatz zum Landwirtschaftsmodell beruht die Klassifizierung der Forstwirtschaft auf reinen Modellannahmen, genaue Daten zur Häufigkeit und Menge der Holzentnahme für die einzelnen Standorte sind nicht vorhanden. Aus diesem Grund sind die Bewertungen eher als Tendenzen zu betrachten und nicht als absolute Werte. Weitere Ungenauigkeiten könnten aus einer unvollständigen Erfassung der Forststrassen resultieren.

4.5. Störungsebene Lärm- und Emissionsbelastungen

4.5.1. Bedeutung von Lärm und Emissionen durch Verkehr

Das folgende Modell befasst sich mit den Störungen durch den Strassen- und Eisenbahnverkehr in Form von Emissionen und Lärmbelastungen. Für die Betrachtung der Störungen durch die verschiedenen Verkehrsformen wird das Lärmmodell des BAFU, SonBASE verwendet. Es wird in dieser Arbeit stellvertretend für verschiedenste Formen von Belastungen durch den Verkehr verwendet.

Neben dem Lärm, der sich auf Lebewesen auswirkt, werden durch den Verkehr auch Luftschadstoffe wie Russpartikel, Kohlenmonoxid und -dioxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe verursacht. Als Folgeprodukte entstehen zusätzlich Ozon- und Feinstaubbelastungen. Diese Emissionen sind in der Luft enthalten und verteilen sich, wie beim Lärm, mit abnehmender Konzentration weg von ihrer Quelle. Sie werden durch Regen ausgewaschen oder werden an Oberflächen adsorbiert. Im Gegensatz zum Lärm können viele Emissionen neben dem allfälligen negativen Einfluss auf Lebewesen durch Toxizität auch Pflanzen schädigen und beeinflussen. Ein Beispiel dafür ist z.B. saurer Regen, welcher aufgrund von hohen CO₂- oder Schwefeldioxidkonzentrationen entstehen kann oder die Schädigung von Bäumen durch Stickoxide, welche über die Spaltöffnungen im Blattinnern zusammen mit Wasser zu Nitrat und Nitrit reagieren.

Die Auswirkungen der Toxizität der Emissionen im Entlebuch sind heute als ziemlich gering einzustufen, geringe Störungen der Wildtiere durch Lärm und Licht sind aber sicher vorhanden. In unmittelbarer Umgebung können toxische Wirkungen durch Abgase und Abfallstoffe des Bahn- und Strassenverkehr sogar stärkere Störungen darstellen. Der Strassenverkehr durch das Entlebuch ist am Tag relativ hoch, zusätzlich gefördert wird er durch den hohen Anteil von 71% der Touristen, welche mit dem Privatauto anreisen (Bollhalder, 2002).

4.5.2. Das Lärmmodell SonBASE

Die Bewertungen der Lärm- und Abgasemissionen in dieser Arbeit basieren auf dem Geoinformationsmonitoringsystem des Bundesamts für Umwelt (BAFU) namens SonBASE. Dieses System gibt für die ganze Schweiz Lärmwerte für Strassen- und Bahnverkehr auf einer Höhe von 4m und während Tag und Nacht mittels eines Rasters mit einer Auflösung von 10 x 10m an. Die Lärmwerte im Raster werden mit CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) berechnet, einer führenden Software der Firma DataKustik zur Berechnung, Beurteilung und Prognostizierung von Umgebungslärm. Die resultierenden Lärmwerte setzen sich zusammen aus einem energieäquivalenten Mitteilungs- oder Dauerschalldruckpegel in dB und einer Pegelkorrektur, das Zeitintervall für den Mittelwert ist 1 Jahr (BAFU, 2009). Die Pegelkorrektur bewertet, wie störend eine Lärmart wirkt. Als besonders störend werden z.B. impulshaltige Geräusche bewertet. Die Pegelkorrekturen können sich je nachdem, ob Tag oder Nacht ist, unterscheiden, da gewisse Lärmereignisse relativ gesehen in der Nacht als störender wahrgenommen werden als am Tag (UVEK, 2008). Durch die Pegelkorrektur wird also dem Mittelwert der Lärmbelastungen eine auf den Mensch bezogene, subjektive Korrektur addiert.

Für diese Störungsebene wurden alle Werte aus dem SonBASE-Modell übernommen, die Tages- und Nachtlärmdaten wurden gemäss ihren zeitlichen Anteilen miteinander verrechnet. Bahn- und Strassenlärm wurden anhand einer Maximalwertberechnung kombiniert. Als letzter Schritt wurden die Lärmwerte mit dem Hemerobiewert gemäss Tabelle 10 bewertet.

Tabelle 10: Beschreibung und Bewertung der Eingriffe durch den Verkehr

Objekt	Eingriff	Häufigkeit	Stärke Effekt auf...	Zeitraum [Mt. /J.]	H-Wert
Lärm- und Abgasemissionen					
<40dB	Störung von Wildtieren durch Lärm (1), Störung der Vegetation durch Abgasemissionen (2)	immer	Vegetation: 1 Wildtiere: 4 Boden: 0	12	2
<50dB	Störung von Wildtieren durch Lärm (1), Störung der Vegetation durch Abgasemissionen (2)	immer	Vegetation: 2 Wildtiere: 5 Boden: 1	12	3
<60dB	Störung von Wildtieren durch Lärm (1), Störung der Vegetation durch Abgasemissionen (2), Anreicherung von Schadstoffen im Boden (3)	immer	Vegetation: 4 Wildtiere: 6 Boden: 2	12	4
<70dB	Störung von Wildtieren durch Lärm (1), Störung der Vegetation durch Abgasemissionen (2), Anreicherung von Schadstoffen im Boden (3), Abfallstoffe durch Strassen- und Bahnverkehr (4)	immer	Vegetation: 6 Wildtiere: 6 Boden: 4	12	5

4.5.3. Resultate

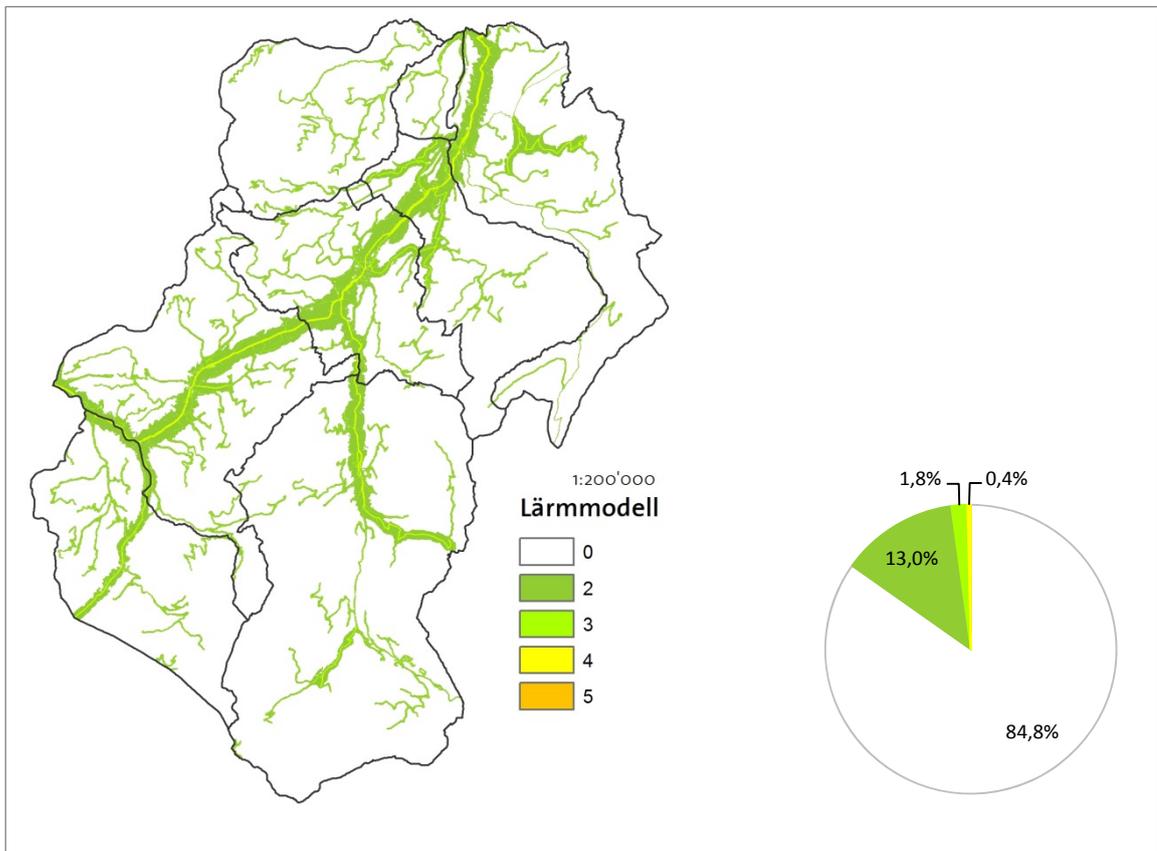


Abbildung 17: Hemerobiewertkarte der Lärm- und Verkehrsemissionen, Daten: BAFU

Die Störungen durch Abgas- und Lärmemissionen der Verkehrsmittel beeinflussen 15.2% der Fläche der UBE. Durch die Verrechnung der Lärmwerte der Nacht mit jenen des Tages resultieren relativ geringe Störungen mit grösstenteils oligohemerober Prägung, Prägungen mit Hemerobieindizes von bis zu 5 entfallen aufgrund der Durchschnittsberechnung.

Die Störungen konzentrieren sich auf die beiden Hauptverkehrsachsen durch die UBE, wobei das Haupttal stärker belastet wird und in Richtung Sörenberg die Belastungen abnehmen. Der Einfluss der Emissionen durch den Bahnverkehr wird grösstenteils durch die Strassen überdeckt, da diese meist parallel zur Bahntrasse verlaufen. Die Ausdehnung der Belastungen erreicht bis zu 800m beidseitig der Hauptstrassen und ist rund um Schüpfheim maximal. Kleinere Nebenstrassen haben räumlich stark begrenzte Einflüsse.

4.6. Verworfenne Störungsklassen

4.6.1. Fragmentierung

4.6.1.1. Definition der Fragmentierung

Unter dem Begriff der Fragmentierung oder Landschaftszerschneidung versteht man einen Prozess, dessen Ergebnis die Teilung einer zusammenhängenden Fläche in mehrere, nicht mehr verbundene Teilflächen und, in der Regel damit verbunden, eine Verkleinerung der Lebensraumfläche ist (siehe Abbildung 18). Neben den natürlichen Prozessen, welche zu Fragmentierung führen können, wie Rutschungen und Lawinen, haben in den letzten Jahrzehnten v.a. menschliche Aktivitäten zu einer enormen Erhöhung des Fragmentierungsgrades geführt. Zu diesen trennenden Elementen gehören u.a. das Strassennetz, die Eisenbahnlinien und Siedlungsgebiete (Blaschke, 1999).

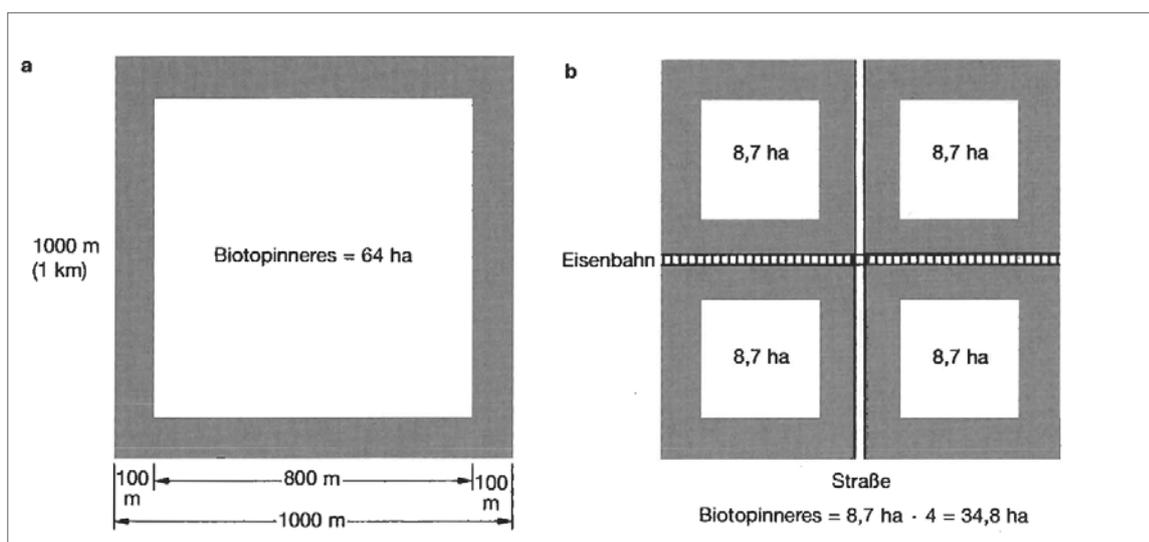


Abbildung 18: Flächenverlust durch Fragmentierung (Primack, 1995: S.159)

Durch die Fragmentierung nehmen neben dem Flächenverlust der Lebensräume und den direkten Effekten durch das zerschneidende Element die Randeffekte eines Lebensraumes und die Isolation der beinhaltenden Arten zu. Durch die Isolation werden Wiederbesiedlungsmöglichkeiten verhindert und die Wahrscheinlichkeit für Inzuchteffekte und erhöhten genetischen Drift erhöht. Das Extinktionsrisiko im Entlebuch, insbesondere von Tierpopulationen mit grossen Raumsprüchen und hoher Störungsempfindlichkeiten wie z.B. dem Auerhuhn, steigt durch die Fragmentierung erheblich (Jäger, 2003).

Jäger (2003) unterscheidet für die Bewertung der Fragmentierung sechs verschiedene Phasen der Landschaftsfragmentierung aufgrund ihrer Flächengeometrie. Die Phasen überlappen sich oft zeitlich und können auch nebeneinander auftreten. Die Bewertung unterscheidet lediglich zwischen dem Naturraum und dem trennenden Element, es muss also vorab definiert werden, welche Elemente raumtrennenden Charakter haben.

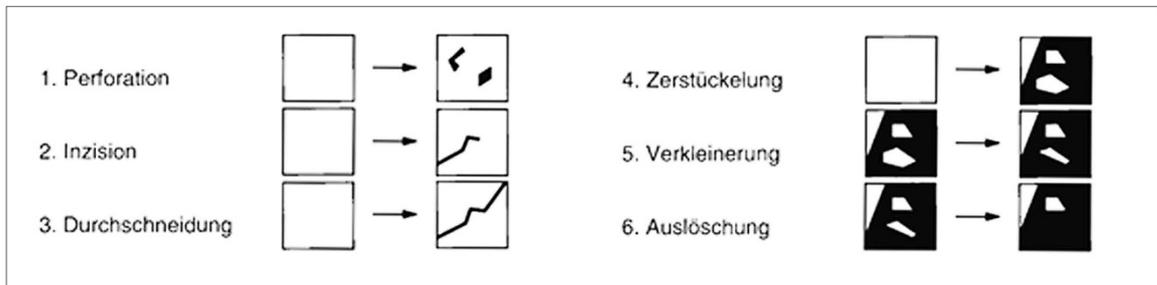


Abbildung 19: Phasen der Landschaftsfragmentierung (Aus Jäger, 2003 erweitert nach Forman, 1995)

Durch die Quantifizierung der Fragmentierung können Gebiete bezüglich ihres Zerschneidungsgrades gleichen, Landschaftsveränderungen überwacht und analysiert und Ausgleichmassnahmen bezüglich der Zerschneidungswirkung gefunden werden (Jäger, 2003).

4.6.1.2. Beschreibung der Fragmentierung in der UBE

Betrachten wir das Entlebuch in Bezug auf seine Fragmentierung, so sind v.a. die Verkehrswege und die Siedlungsflächen flächentrennende Elemente von Bedeutung. Je nach Betrachtung wäre auch der Einbezug von Kulturlandflächen als trennende Elemente denkbar. Da diese aber bereits auf einer einzelnen Ebene betrachtet werden, berücksichtigen wir ihren Effekt als trennendes Element nicht.

Die wichtigsten raumtrennenden Elemente der Verkehrswege sind in abnehmender Bedeutung folgende Verkehrsachsen mit hoher Verkehrsfrequenz:

1. Bern – Luzern über Schüpfheim, Entlebuch
2. Entlebuch – Giswil über Glaubenbühlen-Pass
3. Entlebuch – Thun über Schallenberg
4. Entlebuch – Sarnen über Glaubenberg-Pass

Neben diesen wichtigen Verkehrsachsen mit landschaftsdurchschneidendem Charakter gibt es eine Vielzahl von kleineren Strassen, welche primär der Erschliessung von Siedlungen und Landwirtschaftsflächen dienen. Diese haben nach Jäger (2003) lediglich den Charakter einer Inzision, also einer Art Teilzerschneidung. Zudem sind hier auch das Verkehrsaufkommen und der Ausbaustandart geringer, wodurch, relativ zu den Hauptverkehrsachsen, die Stärke des trennenden Charakters abnimmt. Das Eisenbahnnetz verläuft meist parallel zur Verbindungsachse Bern – Luzern und verstärkt deren Effekt zusätzlich. Ausserdem wirken neben den Verkehrswegen auch die Siedlungsflächen als trennendes Element und verkleinern v.a. in den Siedlungszentren bestehende Fragmente.

Am höchsten ist der Fragmentierungsgrad in der Umgebung der Siedlungszentren, wo die Effekte von Siedlung und Verkehr räumlich am konzentriertesten auftreten (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Fragmentierungselemente bei Escholzmatt, abgeändert nach Google Maps

4.6.1.3. Begründung für den Verwurf der Fragmentierungsebene

Das Problem bei einfachen Modellannahmen, bei welchen Trennlinien zu Polygonflächen kombiniert werden, besteht darin, dass Elemente mit teildurchschneidendem Charakter nicht berücksichtigt werden. Die Möglichkeit, Flächen anhand der Häufigkeit des Auftretens von teilenden Elementen zu bewerten, führt zur Schwierigkeit, dass die verschiedenen Elemente gemäss der Stärke des trennenden Charakters klassifiziert werden müssen, dieser aber schwer zu quantifizieren ist.

Zusätzlich zu diesen Schwierigkeiten kommt hinzu, dass diese grossflächigen und eher ungenauen Bewertungen andere Bewertungsebenen überlagern und so deren hohe Genauigkeit beeinträchtigen. Die Effekte hoher Fragmentierung sind meistens schon durch den Flächenversiegelungsgrad und die Emissions- und Lärmebene um einiges präziser abgebildet. Diese Doppelberücksichtigung wird durch den Verwurf vermieden.

4.6.2. Störungsebene Licht

4.6.2.1. Lichtemissionen und ihre Auswirkungen

In der Schweiz haben die nach oben gerichteten Lichtemissionen in den letzten 20 Jahren um 70% zugenommen (BAFU, 2012), angetrieben von Zersiedelung und effizienterer Beleuchtung. Die nächtliche Beleuchtung hat inzwischen eine derart hohe Intensität erreicht, dass negative Auswirkungen auf Mensch und Tier nicht mehr ausgeschlossen werden können.

Für Zugvögel, welche sich anhand der Sterne orientieren, sind starke Lichtemissionen besonders beeinträchtigend. Sie werden unter Umständen von starken Lichtquellen oder sogenannten Lichtglocken über Städten angezogen und so von ihrem Weg abgelenkt. Zusammenstösse mit beleuchteten Bürogebäuden sind oftmals die Folgen einer Orientierungsstörung (Bruderer, 2005). Ähnliche Effekte können Beleuchtungen auf nachtaktive Insekten haben. Diese verfangen sich im Lichtkegel von Lampen und bleiben dort gefangen oder verbrennen infolge der Hitze. Gemäss Schätzungen sterben in der Schweiz pro Sommernacht im Schnitt 10 Millionen Insekten durch Beleuchtung, das ergibt zwischen einer und 5 Milliarden in einem ganzen Sommer (darksky.ch). Für bedrohte Insektenpopulationen könnte diese hohe Todesrate existentielle Folgen haben. Neben dem Einfluss auf die Tierwelt können auch Beeinflussungen des Blütezeitpunkts und des Laubabwurfs

bei Pflanzen nicht ausgeschlossen werden. Beim Menschen hält man eine negative Beeinflussung des Schlafrhythmus für möglich (BAFU, 2012).

4.6.2.2. Begründung für den Verwurf der Lichtstörungsebene

Im Entlebuch gibt es primär drei Quellen von Lichtemissionen während der Nacht: die Strassenbeleuchtungen, die Beleuchtung der Bahnhöfe und jene der Kirchen. Die Strassenbeleuchtungen findet man entlang der Verkehrsachse Escholzmatt – Schüpfheim – Entlebuch und zwischen Flühli und Sörenberg. Diese Beleuchtung führt in einem Radius von 30m zu signifikant erhöhten Lichtwerten (Siehe Anhang 7.2.1., S.67). Die Beleuchtungen der Häuser wiederum beschränken sich bis auf wenige Ausnahmen auf Innenbeleuchtung, strahlen somit gegen aussen nur in geringem Mass ab und werden fast überall durch die Strassenbeleuchtung überstrahlt. Auch sind Häuser und Sportanlagen, welche für eine Modellierung der Abstrahlung nicht berücksichtigt werden, nicht durchgehend beleuchtet. Während die Sportplatzbeleuchtungen um 23.00 gelöscht werden, ist um dieselbe Zeit gemäss eigenen Beobachtungen nur noch etwa 1/3 der Häuser beleuchtet.

Aufgrund der Überlappung der Lichtemissionen mit den versiegelten Flächen und dem Strassenlärm und den Emissionen wird diese Ebene verworfen. Negative Folgen für Zugvögel sind im Bereich des Entleuchs kaum zu erwarten, da Lichtquellen der Strassenbeleuchtung gegen oben relativ gut abgeschirmt sind und weitere nach oben gerichtete Lichtquellen rar sind.

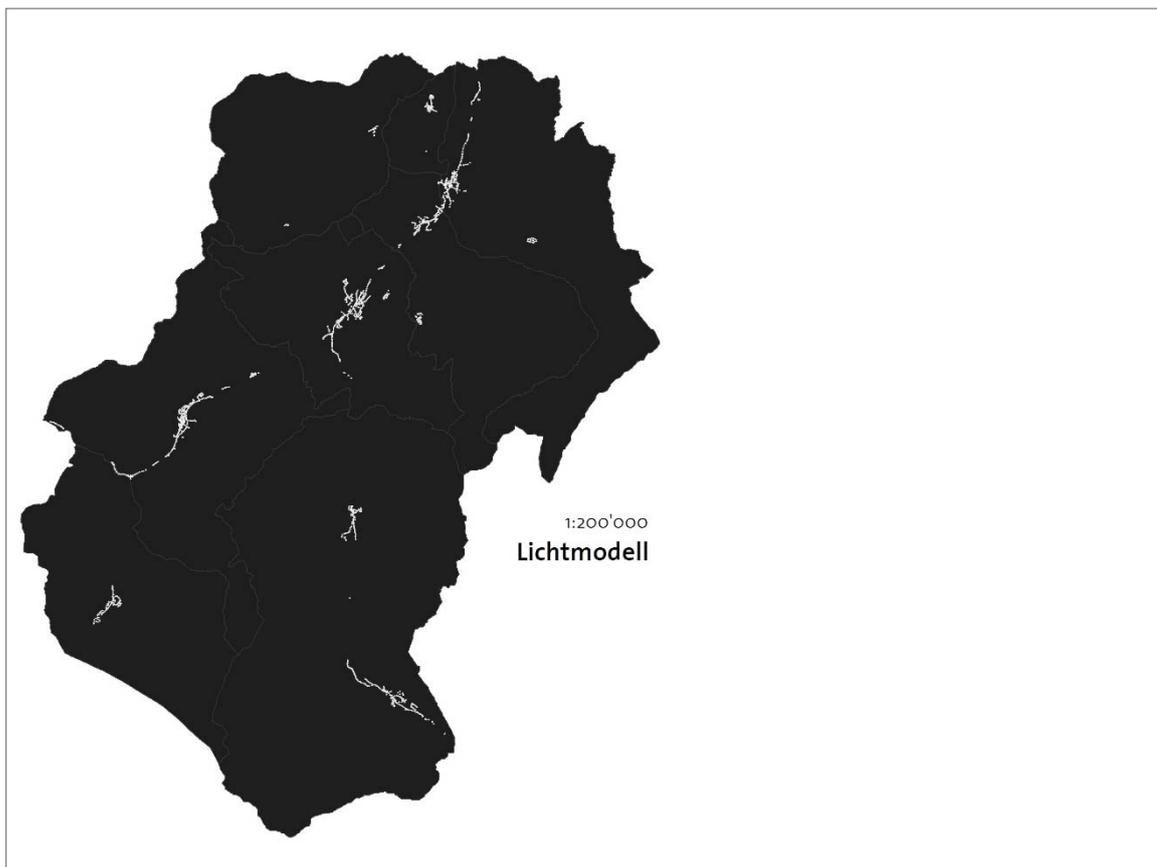


Abbildung 21: Karte Lichtemissionen, Daten: Kanton Luzern & CKW

4.7. Endresultat Hemerobiewertkarte

Als Schlussresultat werden die einzelnen Störungsebenen zu einer abschliessenden Hemerobiewertkarte verrechnet. Mittels Maximalwertverrechnung wird für jeden Rasterpunkt von 5 x 5 Meter der höchste Hemerobiewert aller Störungsebenen gewählt. Das Ergebnis ist eine flächendeckende Karte der UBE mit Hemerobiewerten von 1 bis 10, wobei der Wert 9 nicht vergeben ist, um der Differenz zwischen Landwirtschaft und versiegelten Flächen Rechnung zu tragen.

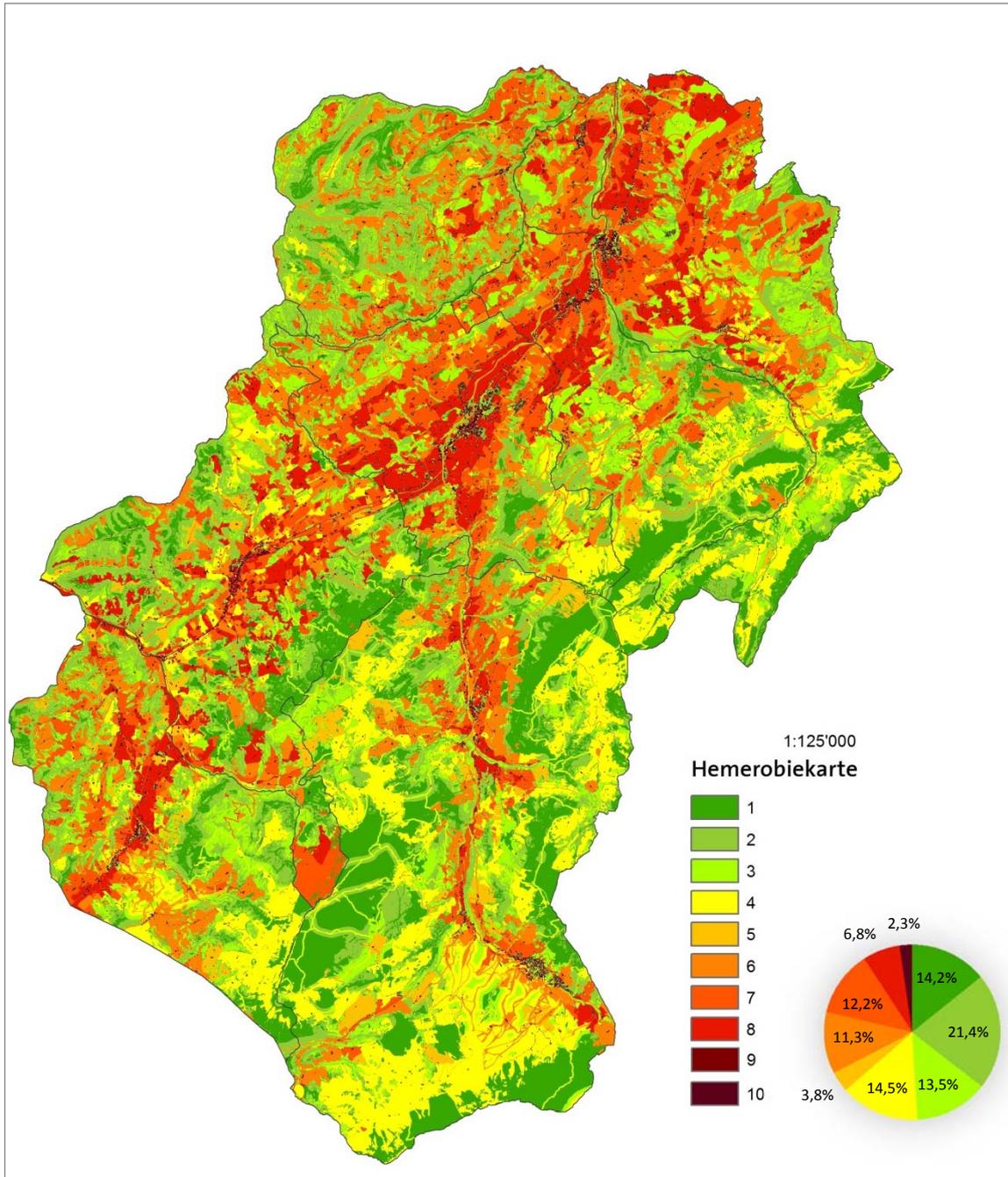


Abbildung 22: Endresultat Hemerobiewertkarte, Daten: BAFU, Kanton Luzern, swisstopo & UBE

Betrachtet man die Anteile der Hemerobiewerte für das Gebiet der UBE fällt auf, dass 63.6% der Fläche naturbestimmt sind und lediglich 36.4% durch die menschliche Kulturlandschaft bestimmt wird. Stark vom Menschen geprägt und bestimmt ist nur noch ein kleiner Anteil von 21.3%. Die Einflüsse des Menschen prägen einen bedeutenden Teil der UBE, lassen aber trotzdem Platz für die Erhaltung von naturnahen Lebensräumen. Das Entlebuch weist auch heute noch einen beachtlichen Anteil an grösseren, wenig berührten und sekundären Wildnisgebiete auf.

Räumlich lagern sich in den Talflächen verschiedene intensive Eingriffe zusammen, welche durch Wohn- und Wirtschaftstätigkeiten entstehen. Landwirtschaft und Siedlungsbau bewirken diese hohen Hemerobiewerte. Die Hangflächen werden mehrheitlich durch Eingriffe mit geringem Hemerobiewert beeinflusst. Hypothesen zur Korrelation des Hemerobiegrades mit topologischen Eigenschaften und der Zonierung werden in Kapitel 4.7.2 und 4.7.3 genauer untersucht.

4.7.1. Sensitivitätsanalyse

Um zu überprüfen, welche Störungsebenen das Endresultat wie stark beeinflusst haben, wurde in Probeszenarien ausgewertet, um welchen Flächenanteil sich die Schlussbewertung des Endresultats verändern würde, wenn die entsprechenden Ebenen weggelassen werden. Diese Szenarien wurden jeweils separat nochmals durchgerechnet und anhand einer zonalen Statistik mit dem vollständigen Endresultat verglichen.

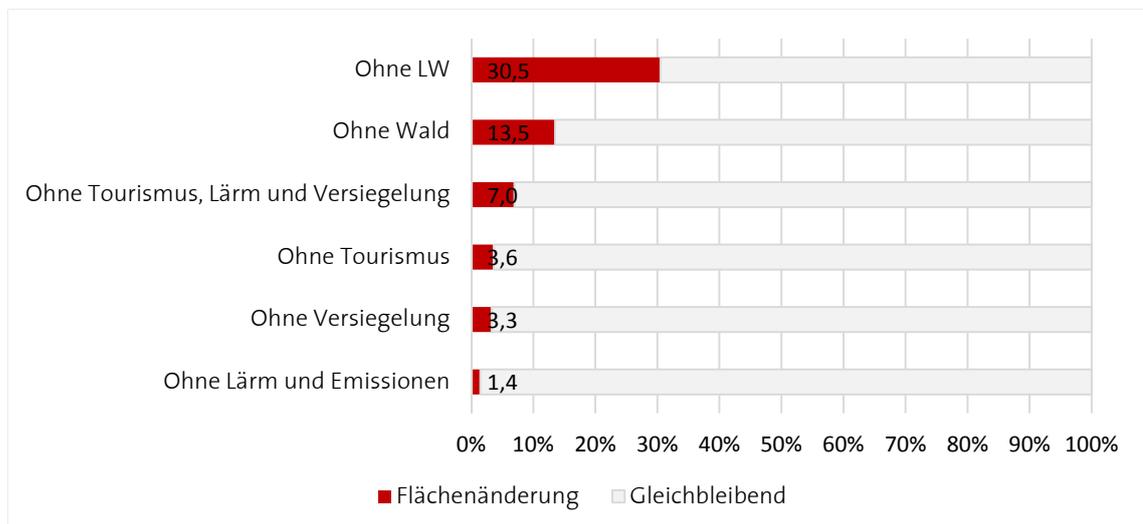


Abbildung 23: Sensitivitätsanalyse

Bei Betrachtung von Abbildung 24 fällt auf, dass das Modell am sensibelsten auf eine Streichung der Landwirtschafts- und Waldebene reagiert, weniger sensibel hingegen auf eine Streichung der Ebenen des Tourismus, der Versiegelung und des Lärmes. Dabei wird insbesondere die Lärmebene zu grossen Teilen durch die Versiegelungsebene überlagert. Der Tourismus und die Versiegelungsgrade wiederum beeinflussen zwar nur einen kleinen Flächenanteil, fügen aber dem Modell noch einige feine Detailierungsgrade an.

4.7.2. Vergleich der Hemerobiebewertung mit dem Höhenmodell

Die Verteilung der Hemerobiestufen zeigt einen erhöhten Hemerobiegrad in den Talflächen und tiefere Werte für die Hanglagen, diese Eigenschaften sprechen für eine gewisse Korrelation mit der Höhenlage und der Neigung der Flächen. Um zu überprüfen, ob der Hemerobiegrad abhängig von der Höhenlage ist, wurden mithilfe einer Zonalen Statistik für jede Hemerobiestufe die mittlere Höhenlage und die Standardabweichung ermittelt.

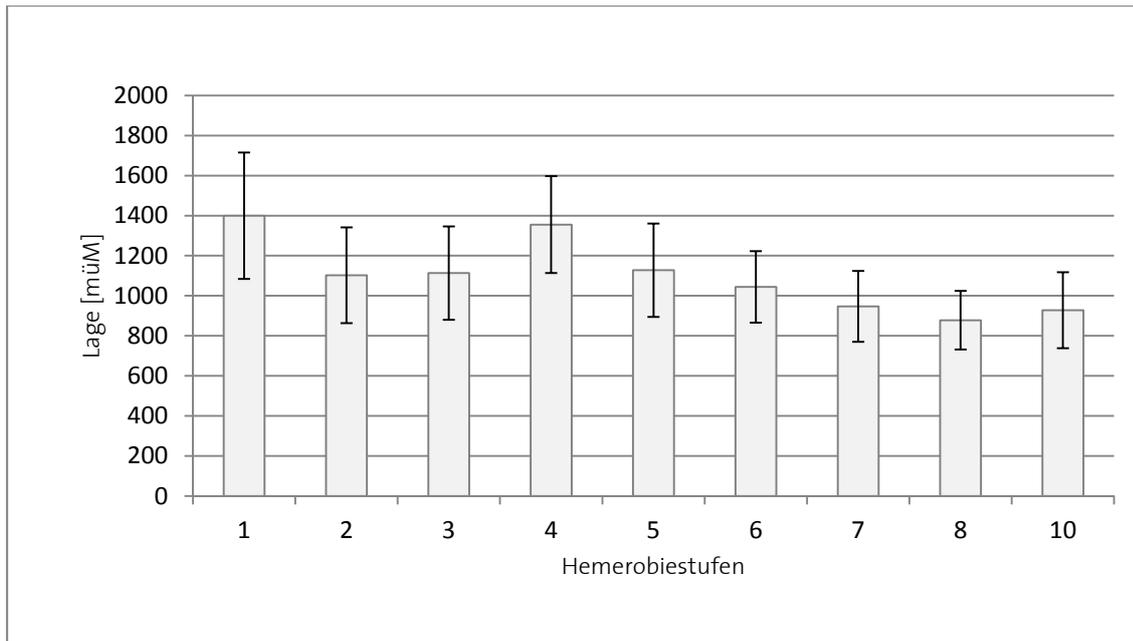


Abbildung 24: Vergleich der Hemerobiestufen mit der Höhenlage und deren Standardabweichung

Eine Korrelation zwischen Höhenlage und Hemerobiewert kann anhand der Auswertung in Abbildung 25 nicht bestätigt werden, die Hemerobiestufen scheinen durch die verschiedenen Einflüsse aus einer heterogenen Gruppe von Höhenlagen zu bestehen. Eine Korrelation für einzelne Einflüsseebenen erscheint dagegen schon plausibler, da dabei die Einflüsse weniger verschiedenartig wären.

Die gleiche Analyse wurde für den Zusammenhang zwischen Hemerobiewert und der Neigung der Flächen in Prozent gemacht. In Abbildung 26 sieht man für die Korrelation einen Trend hin zu geringeren Neigungen für die höheren Hemerobiestufen, dies scheint logisch, da die Bewirtschaftung in steilen Gebieten erschwert ist. Durch die hohen Standardabweichungen sind die Resultate allerdings nicht signifikant. Die Hemerobiegradbewertungen scheinen zu komplex zu sein, um sie mit allen Details durch derart einfache Methoden wie das Höhenmodell zu berechnen.

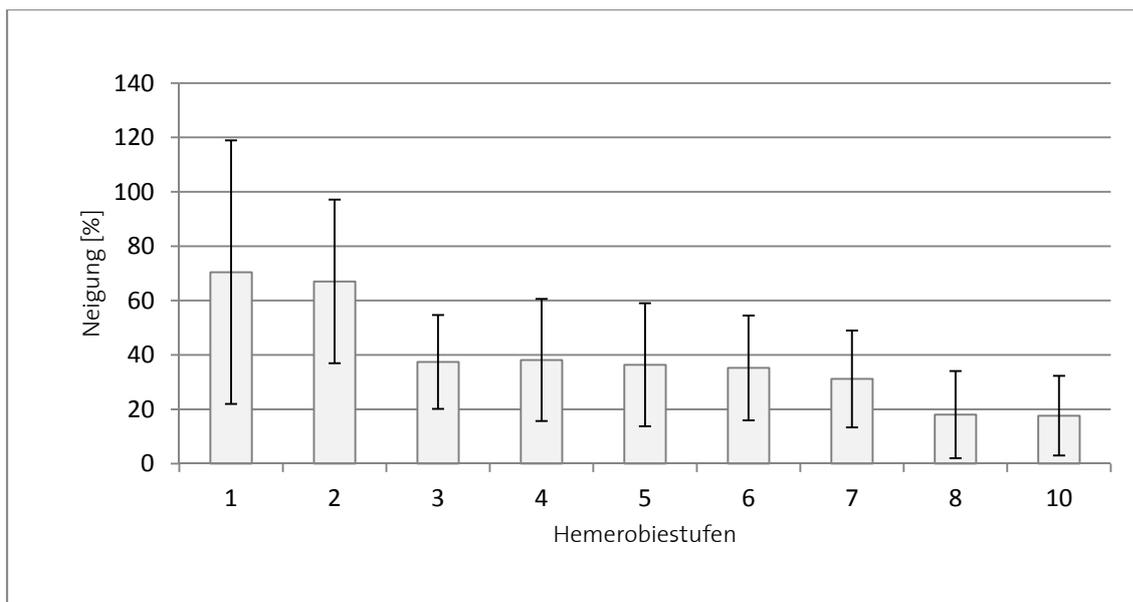


Abbildung 25: Vergleich der Hemerobiestufen mit der Neigung und deren Standardabweichung

4.7.3. Vergleich mit der Kernzone des Biosphärenreservats

Um die Umsetzung des Zonenkonzepts anzuschauen wurden die Zonenpläne georeferenziert nach ihrem Hemerobiegrad ausgewertet. Werden die Vorgaben für die einzelnen Zonen eingehalten, so sollten die stärksten anthropogenen Eingriffe in der Entwicklungszone erfolgen und die Pflegezone und insbesondere die Kernzone geschont werden.

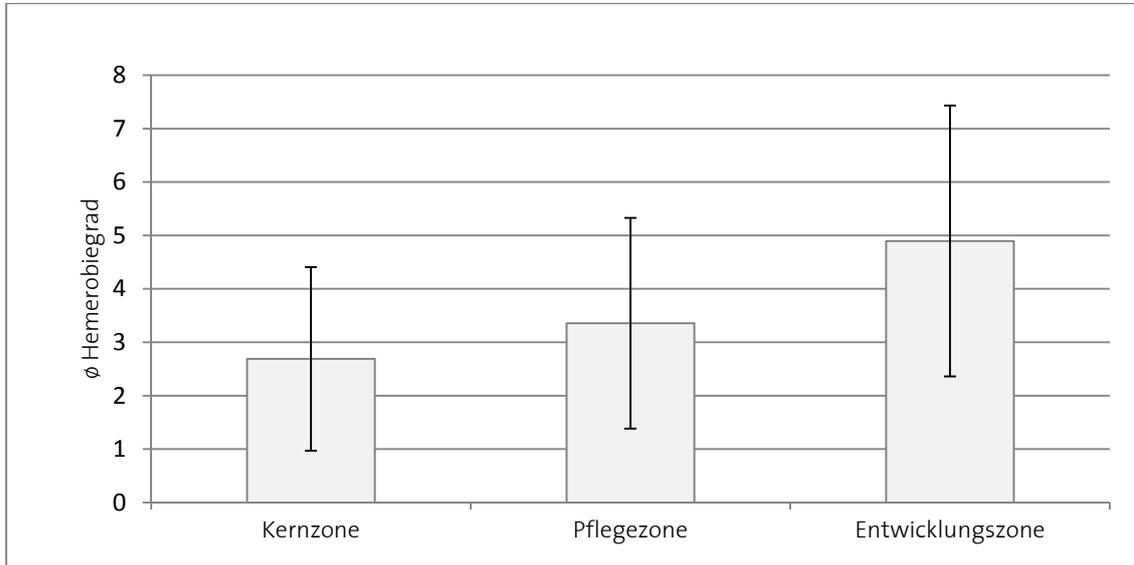


Abbildung 26: Vergleich der Zonierung der UBE mit dem Hemerobiegrad und dessen Standardabweichung

Auch in diesem Vergleich sind die Zonen ziemlich heterogen in Bezug auf die beinhaltenen Hemerobiestufen und weisen somit eine hohe Standardabweichung auf. Trotzdem sind die erwarteten Trends hin zu höheren Hemerobiegraden bei der Entwicklungszone klar zu erkennen. Ungenauigkeiten und hohe Standardabweichungen könnten auch einen methodischen Hintergrund haben, der Zonenplan wurde nämlich als Pixelkarte georeferenziert. Dabei können sowohl in Bezug auf die Georeferenzierung als auch auf die Pixelauflösung Ungenauigkeiten entstanden sein.

5. Diskussion

5.1. Hemerobiegrade im Entlebuch

Das Ziel dieser Arbeit war eine flächendeckende Bewertung der UBE anhand des Hemerobiegrades. Die Skala wurde auf Grundlage von bestehenden Arbeiten gewählt, angepasst und sieht als Resultat eine Unterteilung in 10 Hemerobiestufen vor.

Die flächendeckende Bewertung zeigt mit einer Genauigkeit von 5x5 Metern den Grad der menschlichen Beeinflussung auf und beschreibt damit räumlich die Verteilung der naturnahen und der kulturbestimmten Gebiete im Entlebuch. Mit Hilfe des entworfenen Modells sind auch zukünftige Bewertungen mit neuen Daten und damit die Erfassung der Entwicklung des Hemerobiegrades möglich. Ausschlaggebend für die Machbarkeit von zukünftigen Analysen ist dabei die Verfügbarkeit von aktualisierten Geodaten.

Die Verteilung der Hemerobiegrade wird vor allem durch die Eignung der Landschaft als landwirtschaftliches Kulturland respektive als Siedlungsfläche bestimmt. So sind die Talflächen am stärksten betroffen von intensiver Bewirtschaftung durch die Landwirte und weisen am meisten Eingriffe durch Strassen- und Siedlungsbau

auf. Mit zunehmender Entfernung zur Talebene nehmen die Einflüsse durch Siedlung und Verkehr stark ab und die Landwirtschaft wird immer extensiver geführt. Die Waldflächen stellen insgesamt sehr naturnahe Flächen dar, können allerdings durch das Fehlen genauer Daten zur Bewirtschaftung nur ungenau klassifiziert werden. Für die Wälder wären Verbesserungen in der Datenlage oder Analyse für zukünftige Untersuchungen wünschenswert, da die Waldflächen mit einem Flächenanteil von 37% einen grossen Einfluss auf die Bewertung haben.

Für die zukünftige Entwicklung der Naturnähe des Entlebachs könnte die Verteilung der wenig beeinflussten Flächen einen durchaus positiven Einfluss haben, der wachsende Platzanspruch der Siedlungen und der Industrie ist geographisch auf die Talflächen konzentriert, wo bislang sowieso grösstenteils naturfernere Standorte zu finden waren. Dementsprechend wird die zukünftige Zunahme von Siedlung, Gewerbe und Industrie grösstenteils auf Kosten der Landwirtschaft gehen. Abhängig sind solche Entwicklungsszenarien allerdings auch zu grossen Teilen von der zukünftigen Raumplanungspolitik, welche sich gerade durch die Raumplanungsrevision 2015 immer stärker für einen haushälterischen Umgang mit naturnahen Flächen und für eine Baupolitik ausspricht, die sich gegen die Zersiedelung richtet.

Im Vergleich zu Gebieten im Mittelland ist das Gebiet der UBE mit einem Flächenanteil von über 60% naturnahen Flächen und einer mässigen Prägung durch die Kulturlandschaft in einem naturnahen Zustand. Dies ist vor allem durch den geringeren Druck der Siedlungsgebieten einerseits zu erklären, andererseits durch die erschwerten topographischen und damit erschliessungstechnischen Bedingungen für eine effiziente Bewirtschaftung ausserhalb der Talzonen.

5.2. Modell

Die Ausgangsgenauigkeit der verwendeten Raster ist für das 3D-Modell und das Lärmmodell jeweils 10x10 Meter. Die Genauigkeit von selber digitalisierten Skipisten und Langlaufloipen ist geringer. Die Vektordaten von Strassen, Siedlungen, Parzellen, Landwirtschaft und sind noch genauer. Dementsprechend haben die Inputdaten eine relativ genaue räumliche Auflösung, die Ungenauigkeiten entstehen deswegen nicht aufgrund der Inputdaten. Ungenauigkeiten entstehen v.a. durch Unsicherheiten in der Bewertung der spezifischen Effekte auf die Landschaft. So sind es grösstenteils Schätzungen, bis zu welcher Distanz die Folgen eines Eingriffs vorhanden sind. Beispielsweise ist im Zusammenhang mit Wanderwegen zu definieren bis zu welcher Distanz die Störungen durch Wanderer auf Wildtierpopulationen noch auftreten. Ein weiteres Problem stellt die Vergleichbarkeit der verschiedenen Einflüsse dar. Beispielsweise sind die Auswirkungen der Versiegelung und der Emissionsbelastungen nur schwer direkt miteinander vergleichbar. Umgangen wird das Problem dadurch, dass die Ebenen nicht verrechnet werden, sondern mittels Maximalbewertung in das Endresultat einfließen. Trotzdem werden die verschiedenen Einflüsseebenen aber miteinander, anhand der dimensionslosen Hemerobiewertskala, verglichen. Genau genommen kann deswegen das Endresultat auch nur Tendenzen aufzeigen, da die verschiedenen Hemerobieebenen ursprünglich keine einheitliche Masseinheit besitzen und die Transformation von den Störungen zum Hemerobiegrad mit Unsicherheiten verbunden ist.

Betrachtet man die Sensitivitätsanalyse aus Kapitel 4.10.1., erkennt man, dass nicht alle Störungsebenen einen gleich hohen Einfluss haben. So wäre es zwecks Vereinfachung des Modells denkbar, die Lärm- und Emissionsebene sowie die Tourismusebene wegzulassen. Damit würden zwar Details wegfallen und sich das Resultat um knapp 5% ändern, jedoch würden damit auch einige Unsicherheiten im Modell verschwinden, und die Anwendbarkeit auf andere Gebiete würde vereinfacht. Bei der Anwendung auf andere Gebiete müssten nur noch die Landwirtschaftsdaten vorhanden sein, die restlichen Daten sind für die Schweiz praktisch alle flächendeckend verfügbar.

Um den praktischen Nutzen zu erhöhen, wäre eine Aggregation auf die Ebene der Betriebsparzellen wünschenswert, bis jetzt fehlen dazu aber noch die Betriebsparzellen für das Gebiet Escholzmatt. Durch diese

Aggregation wären Planungen zur Vernetzung und zum Schutz von besonders naturnahen Flächen mit Einbezug der Landbesitzer einfacher möglich.

5.3. Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem vorliegenden Modell wurde die Möglichkeit geschaffen, die Flächen innerhalb der UBE bezüglich ihres Hemerobie- oder Wildnisgrades untereinander zu vergleichen. Es kann damit z.B. aufgezeigt werden, wo es sinnvoll sein könnte, Verbindungsflächen mit geringer Störung zu schaffen, um mehrere Flächen zusammenzuführen. Andererseits sollte überprüft werden, ob sich die Flächen mit geringer menschlicher Störung auch an den richtigen Stellen, z.B. an den Flächen mit besonderem naturschützerischem Wert, befinden. Für die Zonierungen sowie die Flächen des Moorinventars wurde dies in dieser Arbeit teilweise schon getan. Daneben könnte das Modell auch als Monitoringinstrument für die Entwicklung des Hemerobiegrades der UBE über die Zeit genutzt werden. Für geplante Massnahmen im Bereich Besucherlenkung oder auch bei Bauvorhaben kann es unter Umständen zusätzliche Informationen für die Priorisierung von geeigneten Massnahmen liefern.

Um die Werte der Hemerobie der UBE in einen vergleichenden Kontext zu stellen, wäre es zudem hilfreich, dieses Modell auf weitere Gebiete anzuwenden, um dadurch eine Einordnung der Werte des Entlebens vornehmen zu können. Interessant wäre der Vergleich zu anderen Naturparks der Schweiz und im Ausland, wie auch der Vergleich zu Gebieten ohne Parklabel. Dies wären Inhalte von weiterführenden Arbeiten.

6. Literaturverzeichnis

Agridea und Bundesamt für Landwirtschaft (2012). Wegleitung Suisse-Bilanz.

UVEK (2008). Vorgaben zur Pegelkorrektur bei hörbarem Schall.

Arbeitsgemeinschaft für den Wald (2003). Runder Feldtisch vom 28. März 2003 im Biosphärenreservat Entlebuch. Aufgezeichnet von Wolf, B. und unter der Leitung von Nievergelt, B. & Ruoss, E.

Bauer, N. (2005). Attitudes towards Wilderness and Public Demands on Wilderness Areas. Wild Urban Woodlands, S. 47-66. Berlin / Heidelberg: Springer.

Schweizerische UNESCO Kommission (2007). "Biosphäre Entlebuch." Zugriff am 25.11.2013 über <http://www.unesco.ch/die-unesco-und-die-schweiz/biosphaeren-in-der-schweiz/biosphaere-entlebuch.html>.

BAFU (2012). Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285, Bern.

BAFU (2011). Indikator Bodenversiegelung. Zugriff am 27.11.2013 über <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/08525/08665/index.html?lang=de>

BAFU (2009). SonBase – die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz. Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0908. Bundesamt für Umwelt, Bern: 61 S.

Blaschke, T. (1999). Quantifizierung von Fragmentierung, Konnektivität und Biotopverbund mit GIS. Unveröffentlicht.

Bollhalder, E. (2000). Das Potential des nachhaltigen Tourismus im zukünftigen Biosphärenreservat Entlebuch.

Burghardt, W. (2006). Soil sealing and soil properties related to sealing. Geological Society, London, Special Publications 266(1), S. 117-124.

Brocci, M. (2004). Umfrage über Wahrnehmung von Waldwildnis in der Schweiz. Wald Holz 85, 12, WSL (Schweiz), S. 38–40.

Bruderer, B. (2005). "Zu viel Licht stört die Vögel" Interview des BAFU mit Bruno Bruder. Abgerufen am 10.1.2014 über <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/fokus/00140/00146/01258/index.html?lang=de>

Celio, E (2013). Dokumentation Intensitätsdaten Landwirtschaft zu Handen UNESCO Biosphäre Entlebuch. ETH Zürich: Planning of Landscape and Urban Systems PLUS

Coch, T. (2008). Die UNESCO-Biosphäre Entlebuch und ihre Nachhaltigkeitsstrategie. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 159 (7/2008), S. 191-197.

Dark Sky Switzerland. Die Auswirkungen der Lichtverschmutzung sind vielfältig. Zugriff am 10.1.2014 über <http://www.darksky.ch/index.php?id=75>

Felder, U (2013). Im Gespräch mit Florian Knaus über die Bewirtschaftung von Waldflächen im Entlebuch. Entlebuch, 30.10.2013.

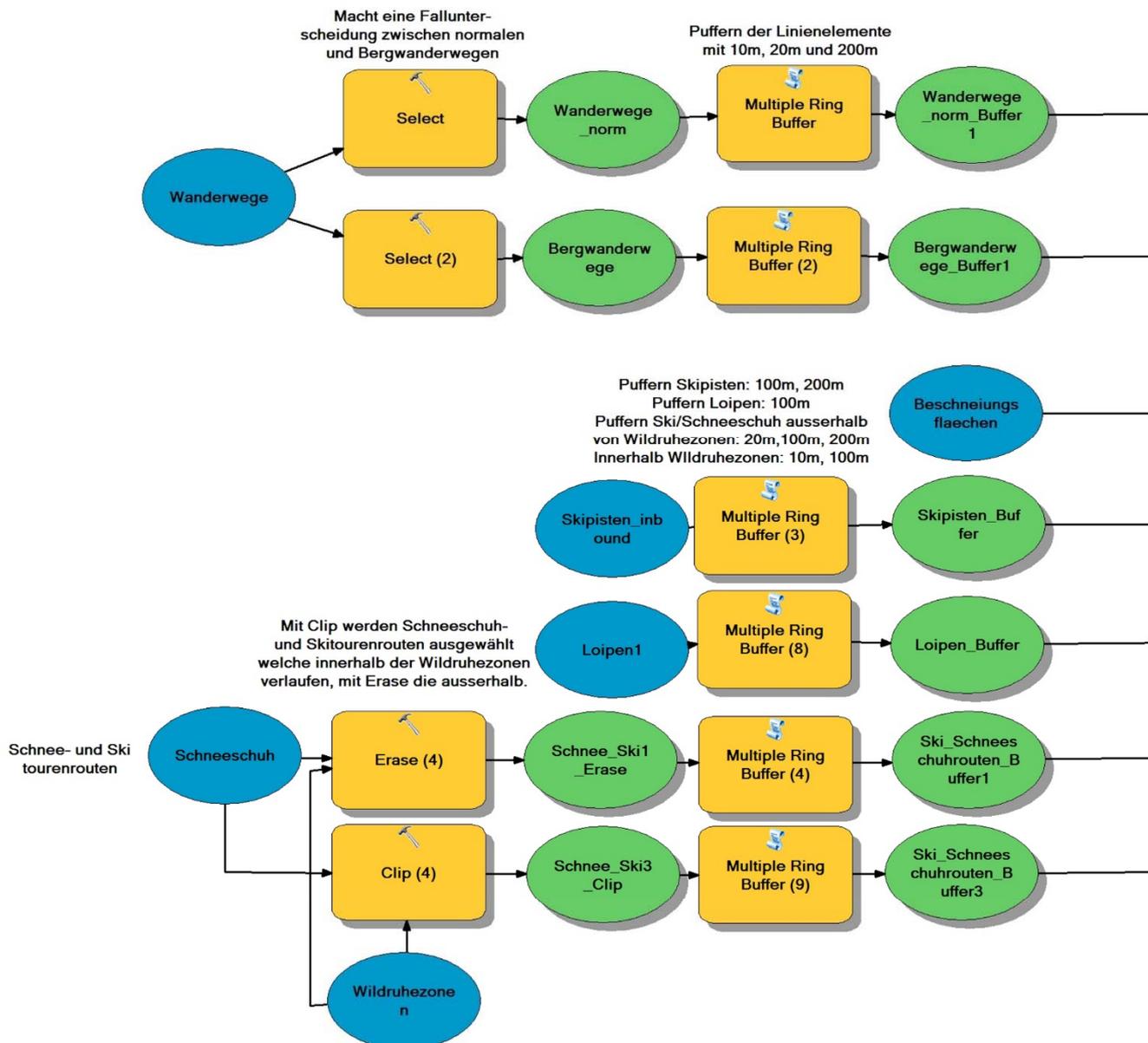
Frelich, L. E. (2002). Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests. Cambridge University Press.

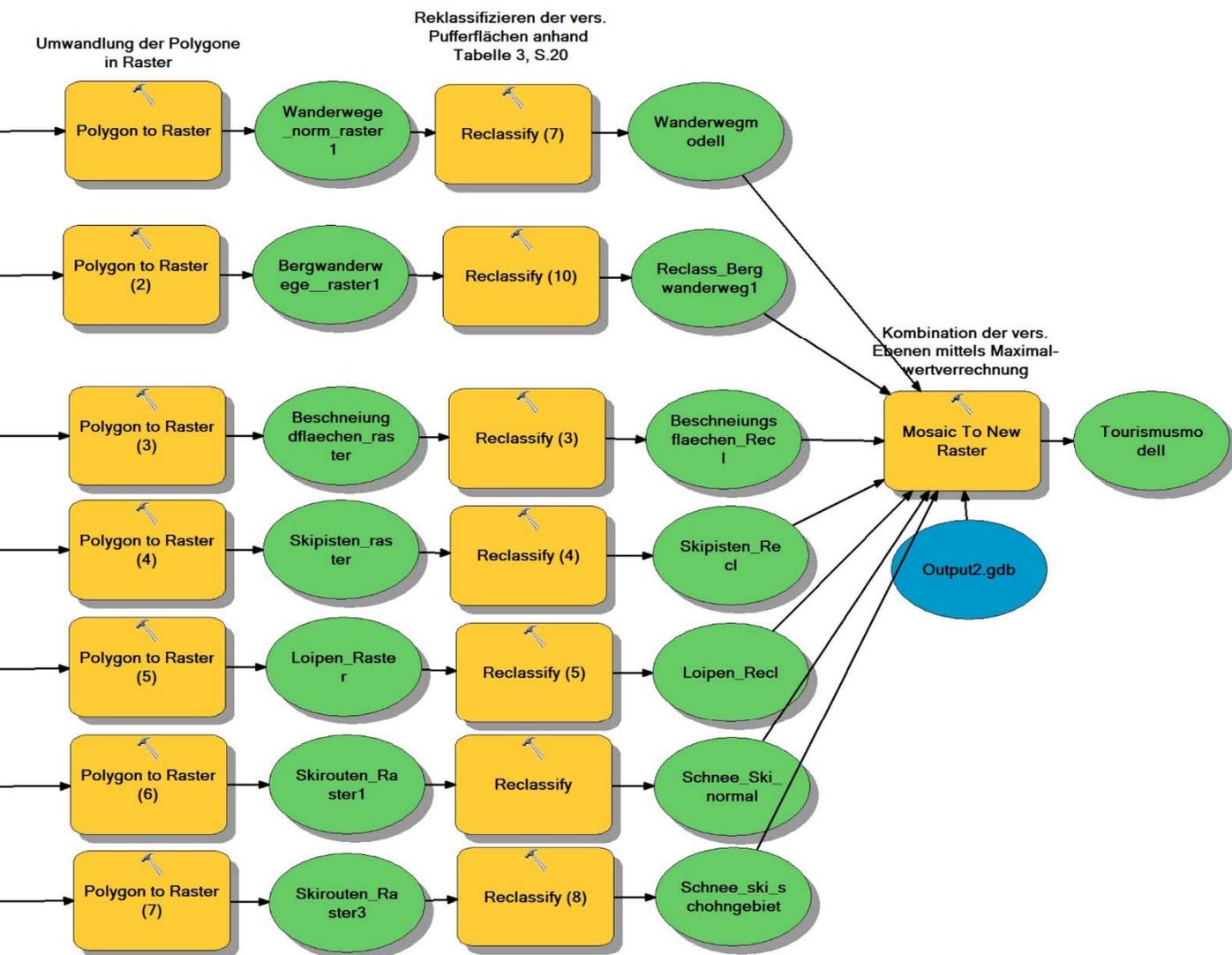
- Hammer, T. und Leng, M. (2011). Wie lassen sich naturnahe Kulturlandschaften erhalten? Vorschläge für innovatives Handeln am Beispiel der Moorlandschaften der Schweiz. *GAIA*, 20/4, S. 265-271
- Hofstetter, P., Petermann, R., Boltshauser, A., & Ruoss, E. (2006). Structural analysis of cattle farming and its development in the Entlebuch UNESCO Biosphere Reserve. *Sustainable Grassland Productivity*, S. 655.
- Jäger, J. (2003). Theorien und Konzepte Landschaftszerschneidung II-5.3. *Naturschutz und Landschaftspflege - 11 / 03*. Landsberg: Ecomed.
- Kangler, D. G. (2010). Die Natur der Wildnis – zu naturwissenschaftlichen und kulturell-gesellschaftlichen Wildnisauffassungen im Naturschutz. *Schriftenreihe des Nationalpark Kalkalpen Band 11*, S.25 – 31.
- Knaus F. (2011). Monitoring der Natur und Landschaft in der UNESCO Biosphäre Entlebuch. Interner Bericht, Regionalmanagement UBE, Schüpfheim. Unveröffentlicht.
- Knaus F. (2012). Bedeutung, Charakteristiken und wirtschaftliche Auswirkungen des Sommertourismus in der UNESCO Biosphäre Entlebuch. Resultate einer umfassenden Gästebefragung. Interner Bericht, ETH Zürich und Biosphärenmanagement UBE, Schüpfheim, unveröffentlicht.
- Klotz, S. und Kühn, I. (2002). Indikatoren des anthropogenen Einflusses auf die Vegetation. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, 38, S. 241-246.
- Lang, S. und Blaschke, T. (2007). *Landschaftsanalyse mit GIS*. Stuttgart: Ulmer.
- lawa (2007). *Waldentwicklungsplan WEP. Region Entlebuch*. Luzern.
- Primack, R. B. (1995). *Naturschutzbiologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schweizerische UNESCO Kommission (2007). "Biosphäre Entlebuch." Zugriff am 25.11.2013 über <http://www.unesco.ch/die-unesco-und-die-schweiz/biosphaeren-in-der-schweiz/biosphaere-entlebuch.html>
- Stein, C. (2011). *Hemerobie als Indikator zur Landschaftsbewertung – eine GIS-gestützte Analyse für den Freistaat Sachsen*. Dissertation, Philipps-Universität, Marburg.
- Sukopp, H. (1969). Der Einfluss des Menschen auf die Vegetation. *Vegetatio*, 17(1), S. 360-371.
- Swisstopo Bundesamt für Landestopografie (2012). *Objektkatalog swissTLM3D I.I.*
- UNESCO Biosphäre Entlebuch (2007). *Die UNESCO Biosphäre Entlebuch. Auf dem Weg zur Modellregion für nachhaltiges Leben und Wirtschaften*. Biosphärenmanagement, Schüpfheim.
- Wild Europe (2012). *A Working Definition of European Wilderness and Wild Areas*.

7. Anhang

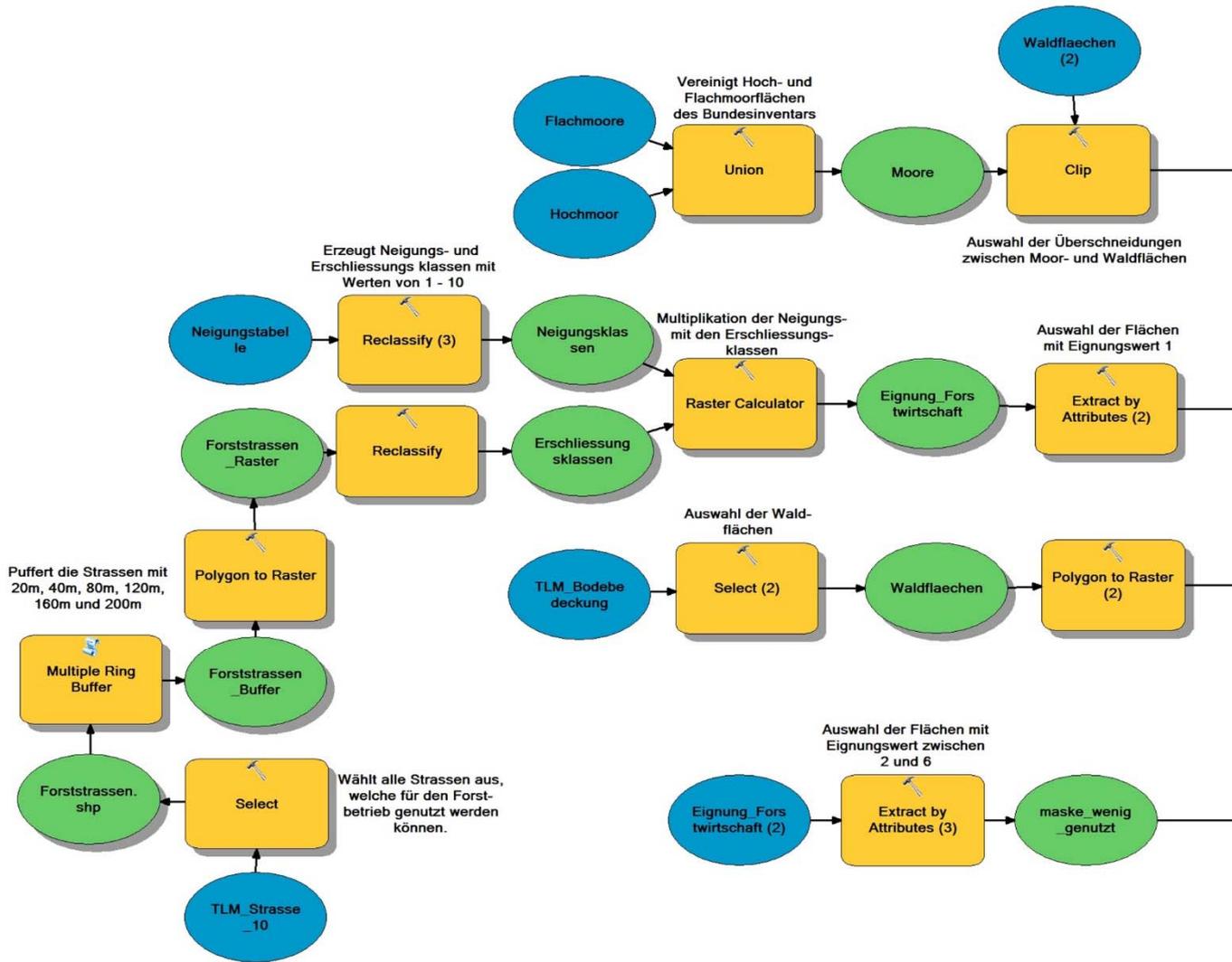
7.1. Modelle

7.1.1. Tourismusmodell

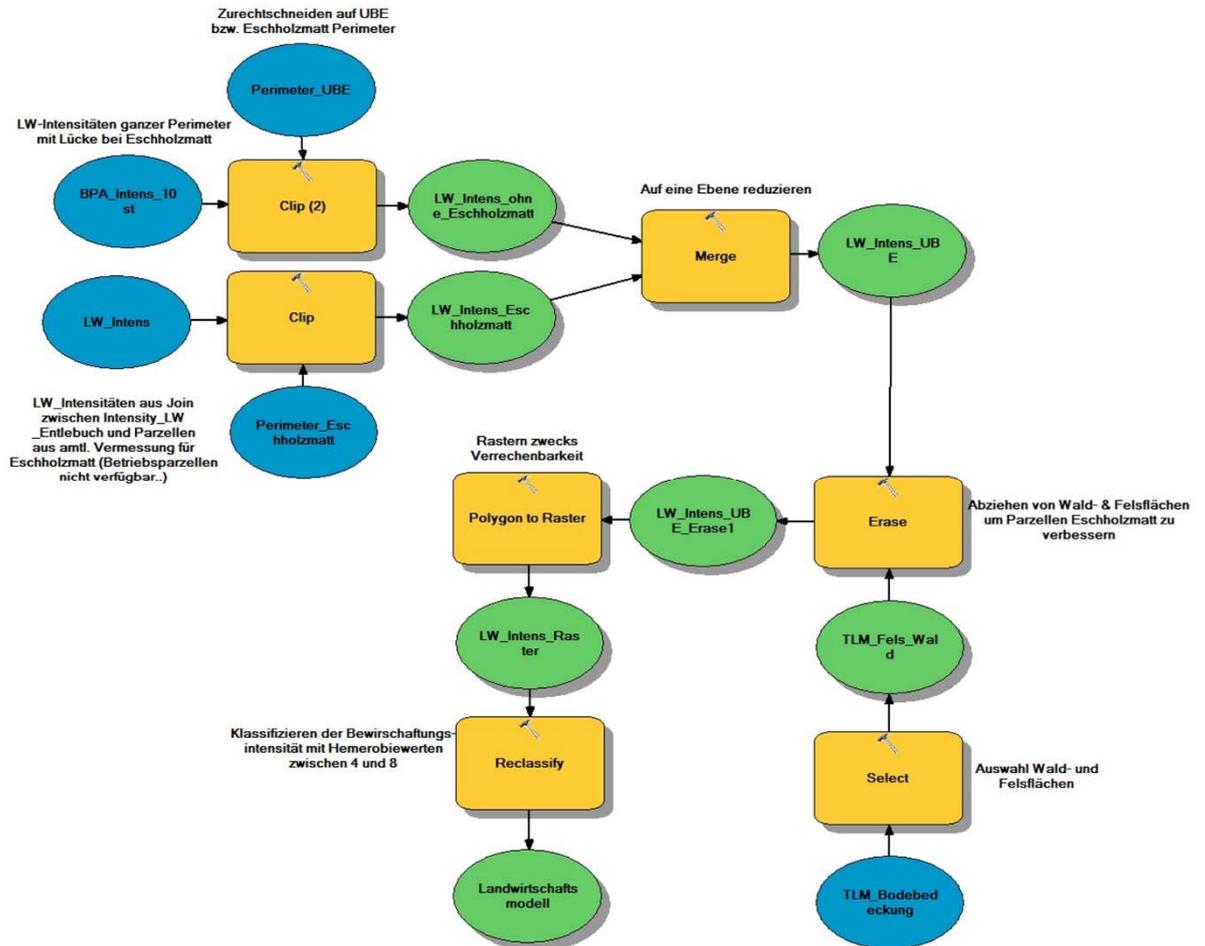




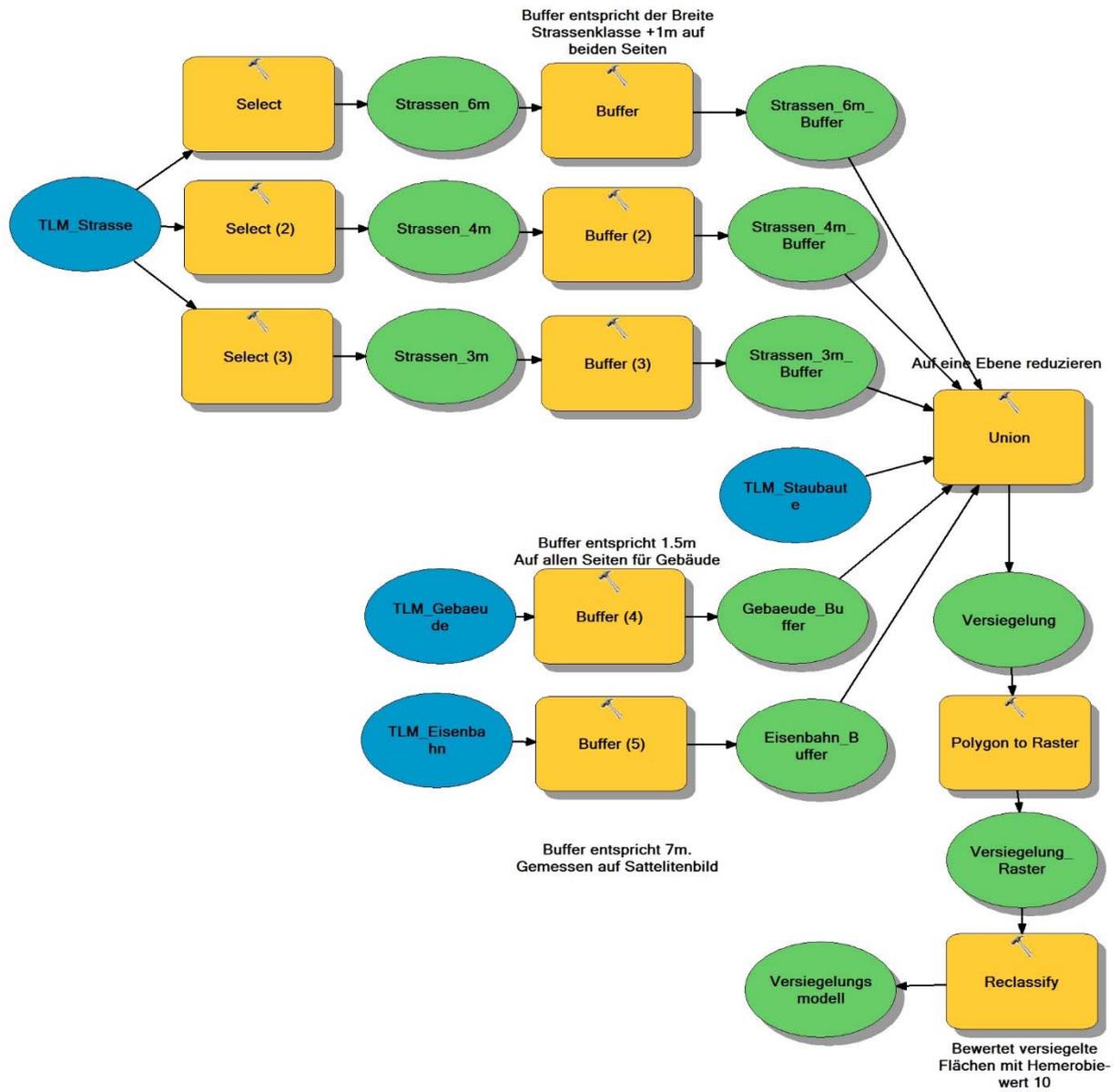
7.1.2. Waldmodell



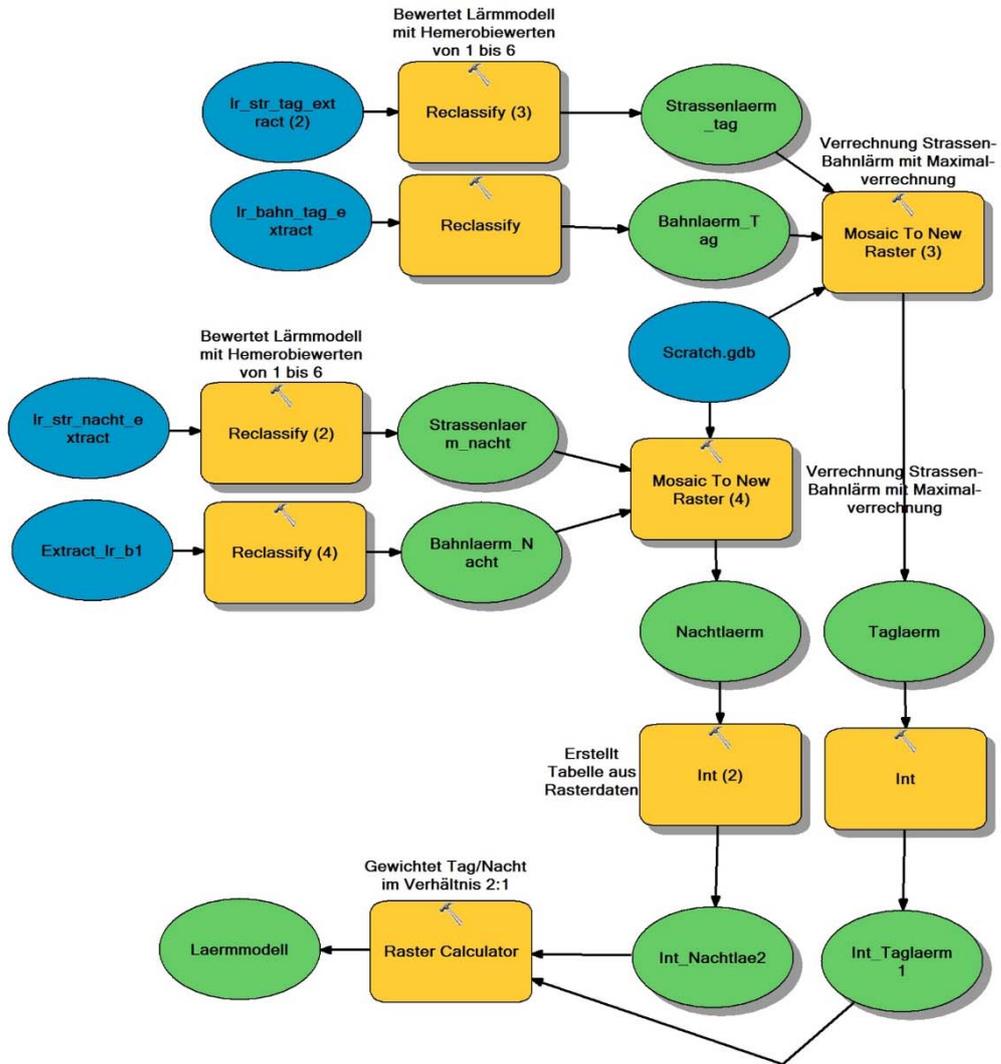
7.1.3. Landwirtschaftsmodell



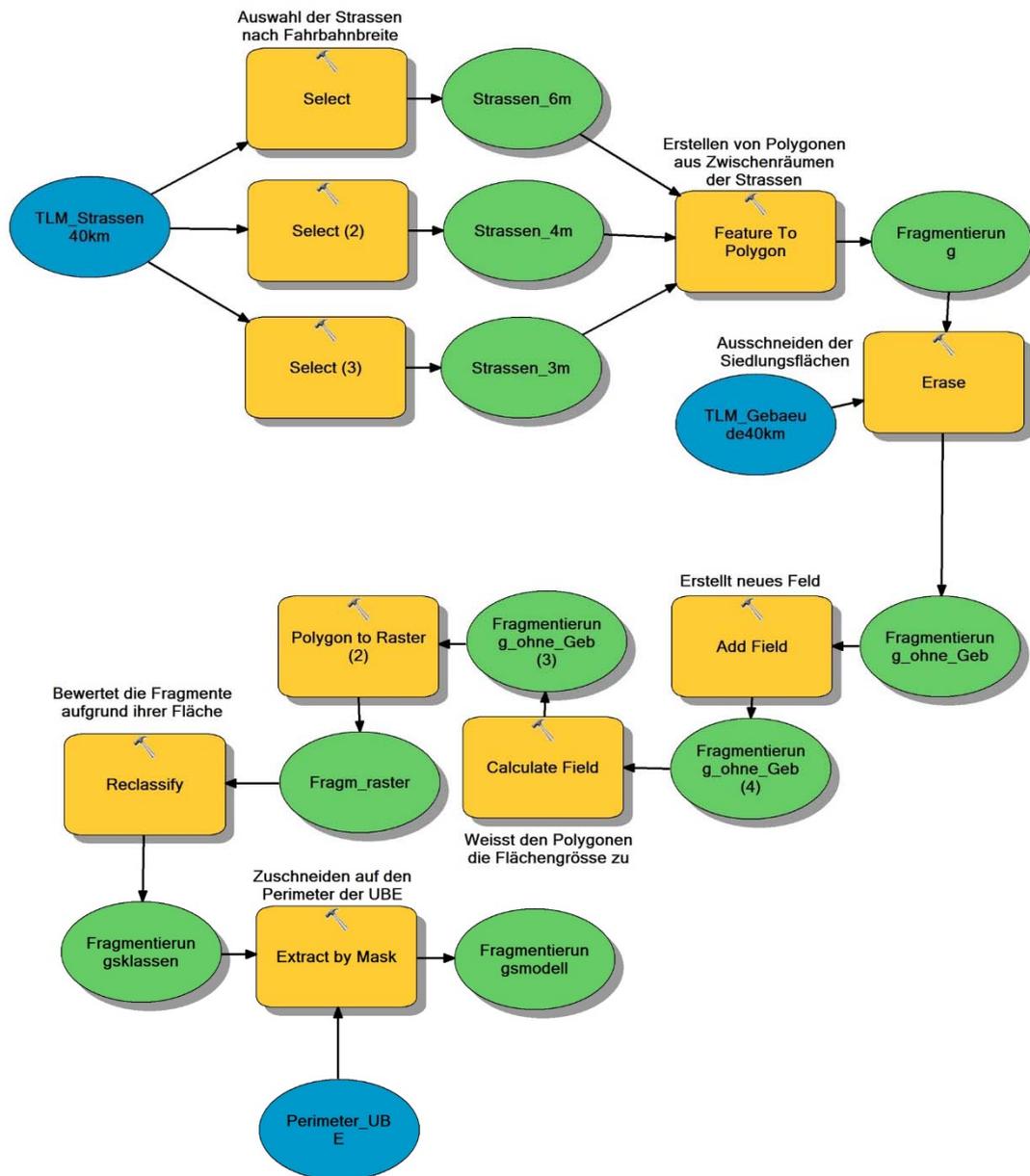
7.1.4. Bodenversiegelungsmodell



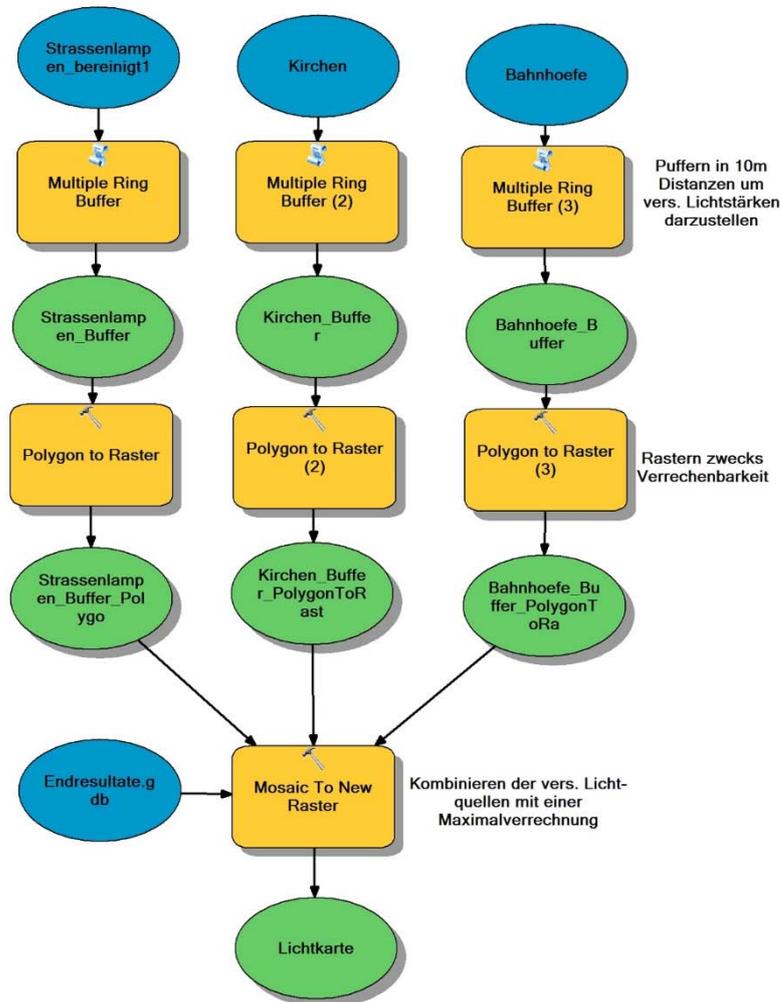
7.1.5. Modell für Verkehrslärm und Emissionen



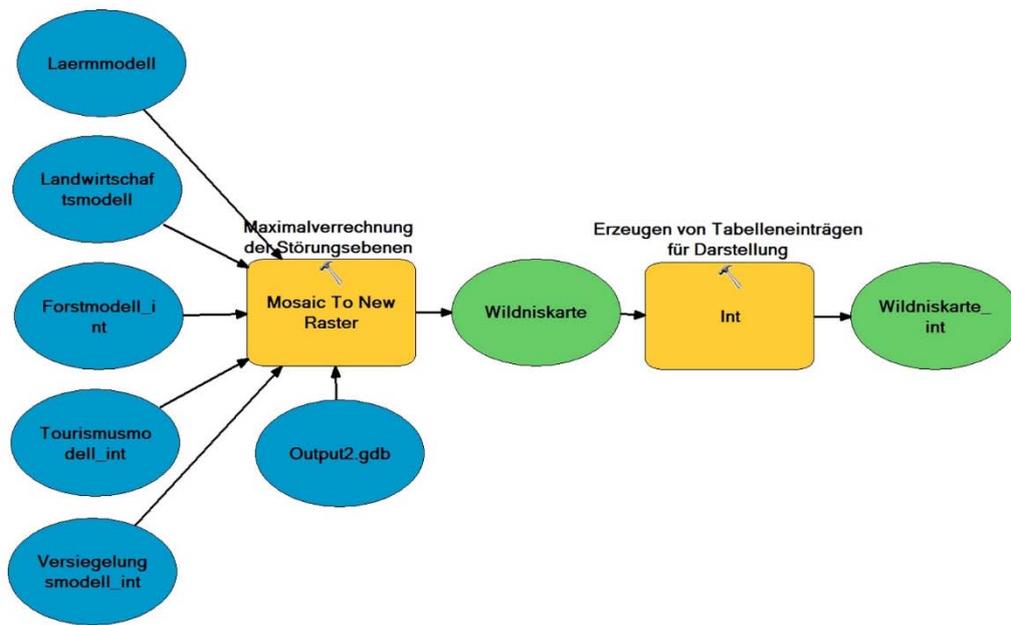
7.1.6. Fragmentierungsmodell



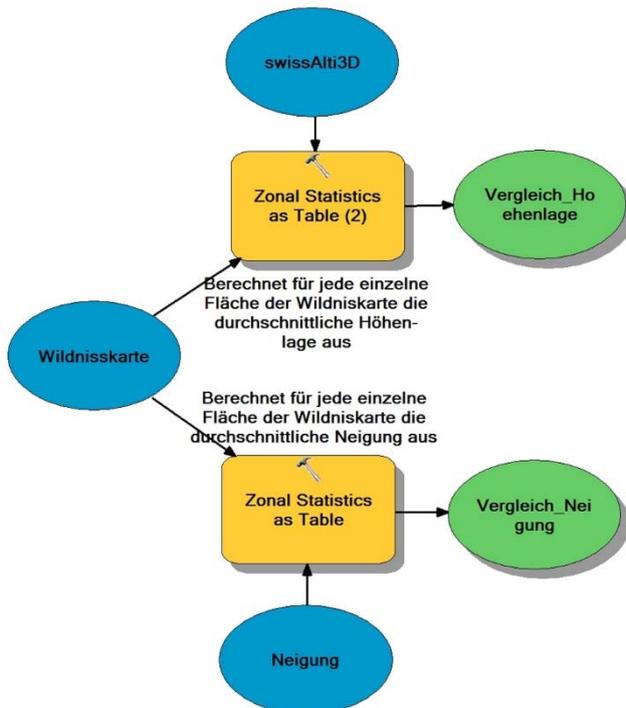
7.1.7. Lichtemissionsmodell



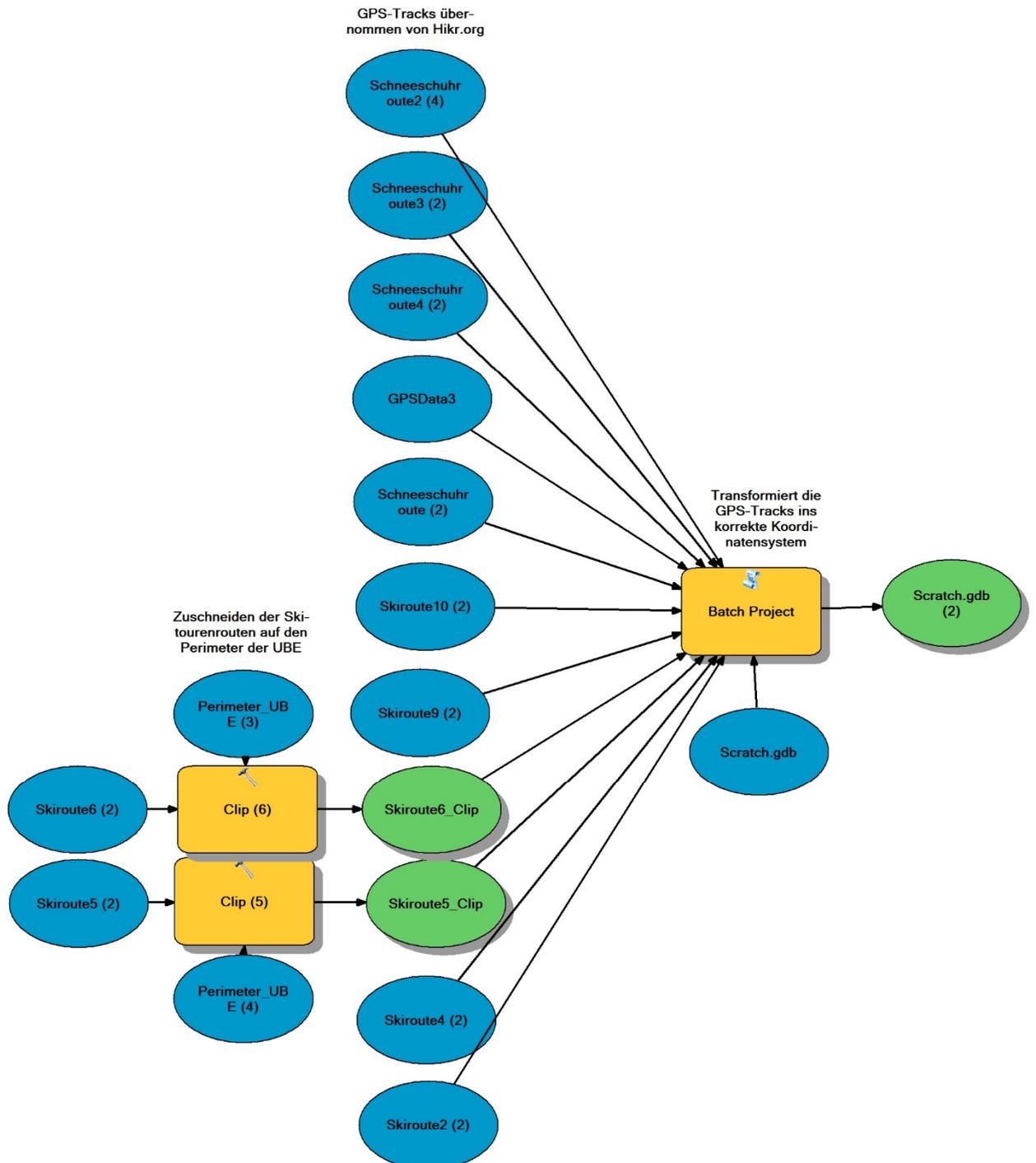
7.1.8. Modell Endresultat

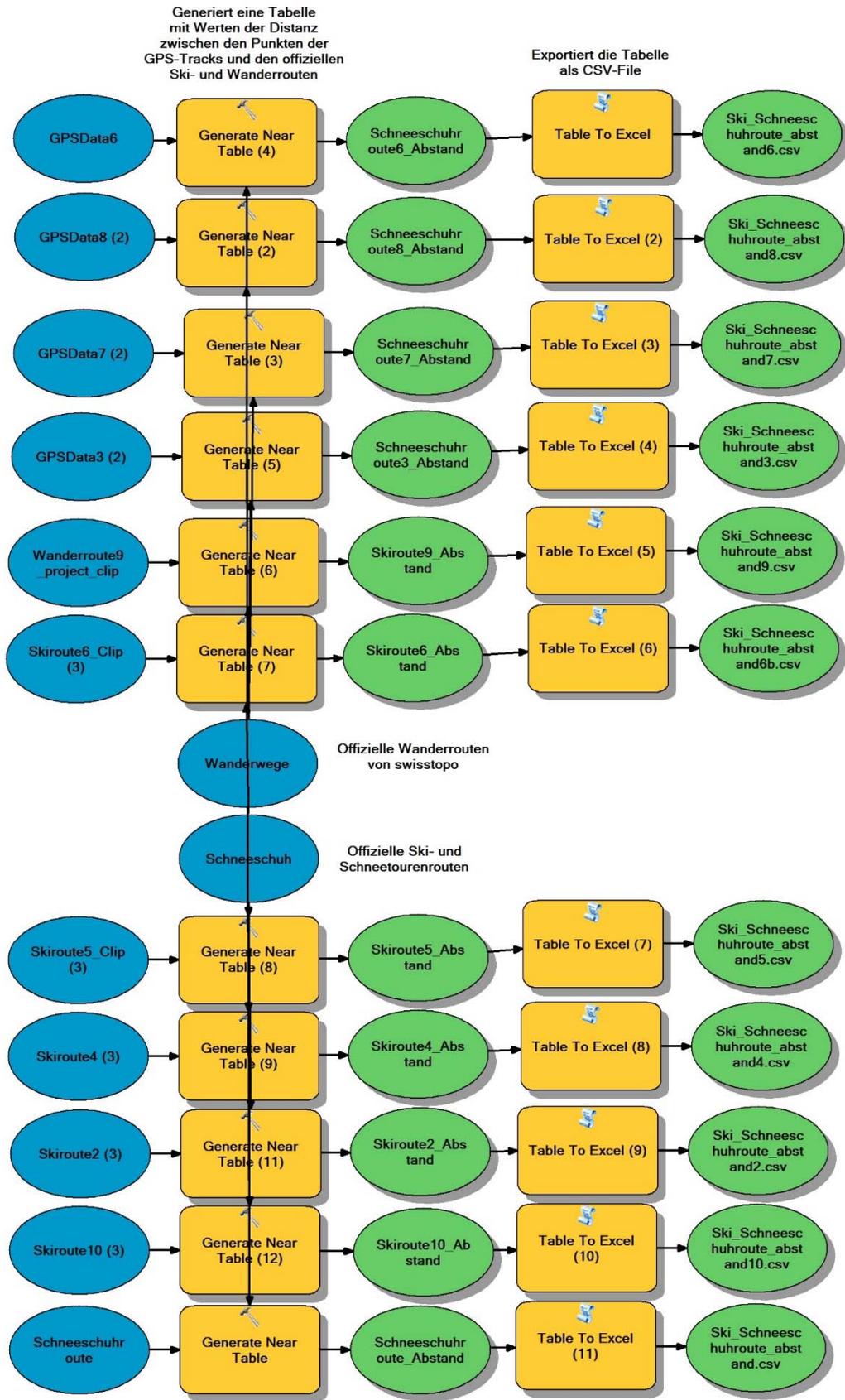


7.1.9. Modell zur Korrelation zwischen Höhenmodell und Hemerobiegrad

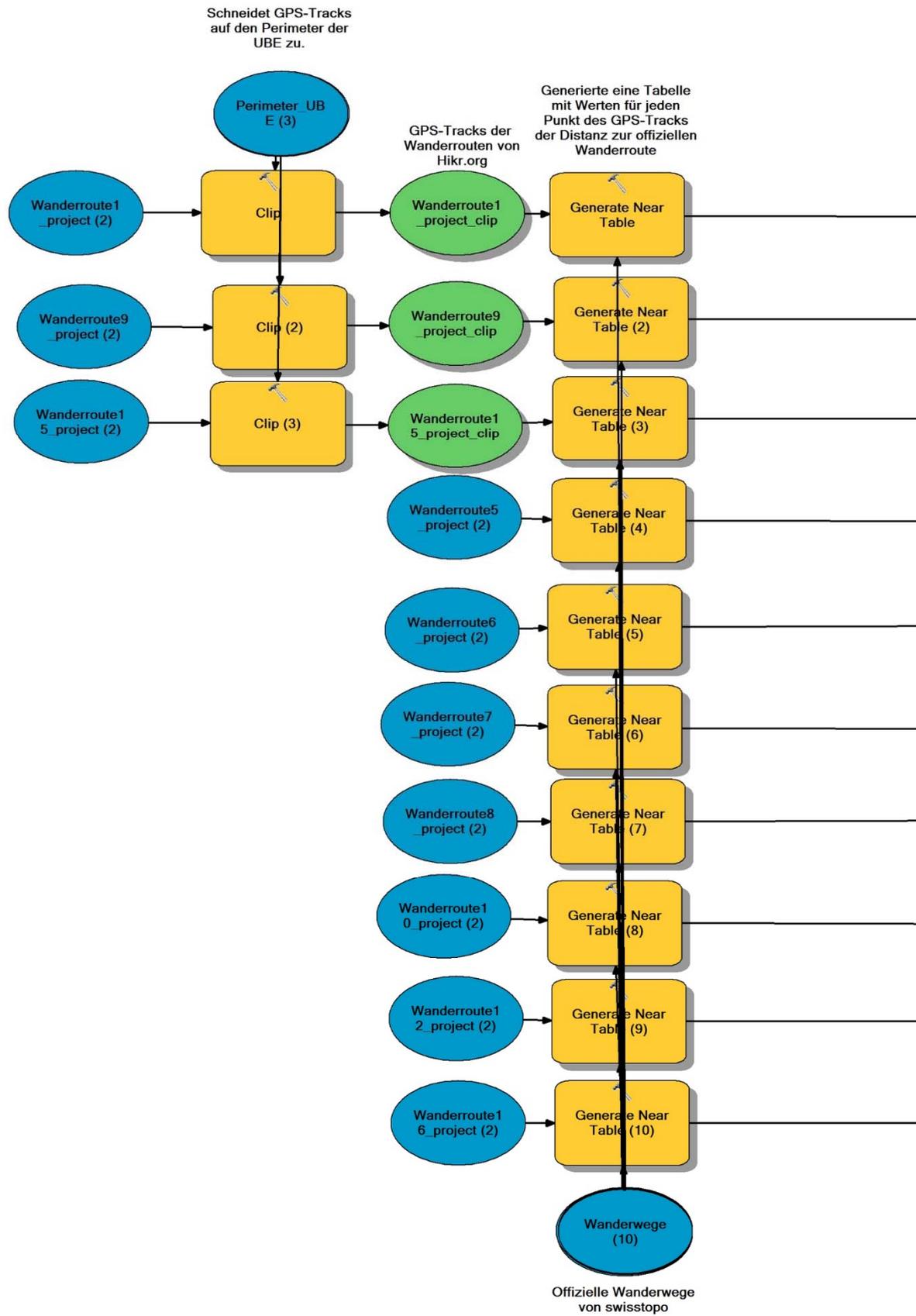


7.1.10. Modell zur Routentreue von Wintersportlern





7.1.11. Modell zur Routentreue von Wandern



Exportiert Tabelle als
CSV-File



7.2. Zusätzliche Daten

7.2.1. Werte der Lichtmessungen

Beschreibung		Messwerte [Lux]				
Standort	Beleuchtungsart	0m	10m	20m	30m	40m
1	Strassenlaterne Front	24,30	2,87	0,29	0,09	0,04
2	Strassenlaterne Front	17,21	2,49	0,25	0,05	0,02
3	Strassenlaterne Rück	18,40	2,52	0,13	0,00	0,03
4	Strassenlaterne Rück	19,42	2,52	0,09	0,01	0,04
5	Strassenlaterne Rück	25,83	2,75	0,13	0,00	0,03
6	Strassenlaterne Rück	26,35	1,89	0,12	0,02	0,02
7	Strassenlaterne Rück	26,25	2,90	1,64	0,00	0
8	Strassenlaterne Rück	25,78	2,50	0,09	0,00	0
9	Strassenlaterne Rück	29,19	3,01	0,16	0,10	0,04
10	Strassenlaterne Rück	29,81	3,24	0,13	0,02	0,02
11	Strassenlaterne Rück	28,30	3,21	0,05	0,06	0,03
12	Strassenlaterne Rück	24,90	3,13	0,08	0,01	0,01
13	Strassenlaterne Rück	21,92	2,60	0,04	0,02	0,02
14	Strassenlaterne Rück	27,13	2,48	0,06	0,04	0,04
15	Strassenlaterne Rück	26,85	2,35	0,12	0,05	0,00
16	Strassenlaterne Rück	21,20	2,49	0,06	0,01	0,01
17	Strassenlaterne Rück	23,94	3,47	0,17	0,01	0,04
18	Strassenlaterne Rück	24,05	3,62	0,10	0,03	0,06
19	Strassenlaterne Rück	22,76	2,36	0,08	0,05	0,08
20	Strassenlaterne Rück	20,80	2,51	0,14	0,01	0,02
21	Kirchplatz Escholzmatt	10,22				
22		10,30				
23	Kirchplatz Schüpfheim	3,40				
24		3,43				
25	Sportplatz Farbschachen	26,50				
26		25,80				
27	Sportplatz Escholzmatt	38,60	2,82	0,51	0,10	0,02
28		35,50	3,98	5,10	0,41	0,10
29	Bahnhof Escholzmatt	90,30	4,20	4,03		
30		106,50	7,00	2,20		

7.3. Eigenständigkeitserklärung

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten, ausgenommen Korrekturvorschläge, verfasst zu haben.

Titel der Arbeit

Hemerobiewertkarte der UNESCO Biosphäre Entlebuch
Eine GIS-gestützte Analyse des Hemerobie- und Wildnisgrades

Verfasser

Simon Blatter im Frühlings- und Herbstsemester 2013

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

- Ich habe keine im Merkblatt der ETH Zürich beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe in der Danksagung alle Personen erwähnt, welche die Arbeit unterstützt haben.
- Ich verstehe die oben genannten Regeln.
- Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit eventuell mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft wird.

Ort, Datum

Unterschrift

7.4. Datenvertrag

Vereinbarung

zwischen der **ETH Zürich** vertreten durch die Professuren Forstliches Ingenieurwesen und Waldökologie
(nachstehend genannt Lizenznehmer)

und

Name: Blatter
Vorname: Simon
Adresse: Albisstrasse 108
PLZ / Ort: 8038 Zürich

(nachstehend genannt Empfänger)

Die Professuren stellen dem Empfänger die unten aufgeführten digitalen Daten zur Nutzung im Rahmen der folgenden Arbeit zur Verfügung.

Arbeit: Entwicklung einer Wildniskarte für die UNESCO Biosphäre Entlebuch (UEB)

Dauer: Ende Dezember 2013

Betreuer: Florian Knaus / Sarah Salvini

Extent: UEB (Unesco Biosphäre Entlebuch)

Daten: **Geodaten swisstopo**

- Ski- & Schneeschuhrouten (2012)
- swissALT13D (2013)
- swissTLM3D (2013)
- pk25 - kombi 149 / 1168 / 1169 / 1188 / 1189 (2012)

Geodaten BFS

- Arealstatistik 2009 - 72 Klassen (2013)

Geodaten CKW

- Lampenstandorte

Geodaten Kanton Luzern

- Waldstrassen
- Parzellengrenzen
- Wildruhezonen

1. Die Daten dürfen nur im Rahmen der oben genannten Arbeit und während der festgelegten Zeitspanne genutzt werden.
2. Der Empfänger verpflichtet sich, sämtliche lokal auf Festplatten gehaltene Daten nach Arbeitsende zu löschen.
3. Die Weitergabe der digitalen Daten an Dritte (Studierende, Ingenieur- oder Softwarebüros, Verwaltungsstellen des Bundes, der Kantone und Gemeinden, andere Hochschulen, Private etc.) ist untersagt. Der Empfänger trägt dafür die volle Verantwortung.
4. Jede offizielle Veröffentlichung der originalen oder daraus abgeleitete Daten, ob in Tabellenform oder als Grafik, ist nur mit vorgängiger Bewilligung der jeweiligen Datenherren zulässig. Dafür sind die Originalverträge der ETH Zürich mit den Dateneigentümern massgebend.
5. Verletzungen der zugrundeliegenden Verträge können disziplinarische und strafrechtliche Folgen haben.

Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich diese Vereinbarung gelesen und verstanden habe.

Datum:

Unterschrift:

