

Bachelorarbeit
ETHZ, Umweltnaturwissenschaften
Bereich Naturwissenschaften und Technik
7. Semester

Zonendefinition für Nachtdunkelheit des Sterneparks Gantrisch



Lea Flükiger

E-Mail: lea.fluekiger@bluewin.ch

Leitende Professorin:

Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey (ETHZ, D-BAUG, PLUS)

BetreuerInnen:

Sven-Erik Rabe (ETHZ, D-BAUG, PLUS)

Lea Jost (Naturpark Gantrisch, Projektleiterin Wissen)

Nicole Dahinden (Naturpark Gantrisch, Projektleiterin Nachtlandschaft)

Abgabe:

Zürich, 5. Januar 2018

Titelbild: Die Milchstrasse über dem Gantrisch am 18. Mai 2007

Aufnahme: © Martin Mutti, Sternwarte Uecht

<https://www.outdooractive.com/de/aussichtspunkt/schweizer-mittelland/sternenplattform-gurnigel/7131449/>, Zugriff am 18.12.2017

Vorwort

Im Juli 2017 wurde vom Förderverein Region Gantrisch die Möglichkeit geboten, eine Bachelorarbeit zur Zonierung des Naturparks Gantrisch für die Nachtdunkelheit durchzuführen. Daraufhin meldete ich mein Interesse beim Naturpark an und durfte im September mit der Arbeit beginnen. Dieses Thema packte mich, da mich die Bereiche Landschaft und Planung sehr interessieren, die Arbeit praxisorientiert ist und ausserdem den Einblick in eine mir bis dahin neue Thematik bietet.

Zusammenfassung

Weltweit gibt es immer weniger Gebiete mit einer natürlichen Nachtdunkelheit (IDA, 2017b). Blickt man in urbanen Räumen in den Himmel, erkennt man am Himmelszelt, wenn überhaupt, oft nur vereinzelte Sterne. Licht wird weit über die Atmosphäre verbreitet, wodurch auch von Städten weit entfernte Gebiete in der Nacht vom Licht künstlicher Beleuchtung erreicht werden. In der Schweiz haben gegen oben gerichtete Lichtemissionen in den letzten zwanzig Jahren um rund 70 Prozent zugenommen, wodurch dunkle Gebiete immer seltener werden (BAFU, 2012a).

Der Naturpark Gantrisch hat im Vergleich zu anderen Gebieten der Schweiz einen besonders dunklen Nachthimmel. Jedoch schwinden auch dort die dunklen Gebiete durch die wachsenden Siedlungen in der Umgebung des Naturparks immer mehr. Der Naturpark hat sich zum Ziel gesetzt, seinen Nachthimmel zu schützen und strebt dafür ein Zertifikat als Sternepark der International Dark Sky Association (IDA) an. Dark Sky Parks haben das Ziel, die Beobachtung des Sternenhimmels zu gewährleisten, Einwirkungen künstlichen Lichts auf nächtliche Habitate zu vermeiden und die Bevölkerung auf die Thematik der Lichtverschmutzung aufmerksam zu machen. Für die Zertifizierung zum Sternepark soll eine Zonierung des Naturparks in Kern- und Pufferzonen durchgeführt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Zonierung für Nachtdunkelheit im Naturpark Gantrisch durchgeführt. Diese basiert auf den Richtlinien der IDA für Sternepärke und auf allgemeiner Literatur zur Thematik der Lichtverschmutzung. Als Abstützung und Ergänzung des Vorgehens dienten Interviews mit Fachpersonen, die bereits an der Zonierung anderer Sternepärke beteiligt waren. Für die Lage der Kernzone wurden besonders dunkle Gebiete mit geringer Besiedlung identifiziert. Die Grenze der Kernzone orientiert sich an Schutzgebiets- und Gemeindegrenzen und an topographisch markanten Linien.

Die Arbeit soll als wissenschaftliche Grundlage für ein Konzept mit neuen Beleuchtungsregelungen im Gebiet des Naturparks Gantrisch dienen.

Inhalt

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	7
TABELLENVERZEICHNIS	9
1 EINLEITUNG	10
1.1 AUSGANGSLAGE UND PROBLEMSTELLUNG	10
1.2 ZIELSETZUNG UND FORSCHUNGSFRAGEN	11
1.3 AUFBAU DER ARBEIT	11
2 LICHTVERSCHMUTZUNG	13
2.1 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN.....	13
2.1.1 Auswirkungen auf Pflanzen	13
2.1.2 Auswirkungen auf wirbellose Tiere	14
2.1.3 Auswirkungen auf Fische	14
2.1.4 Auswirkungen auf Amphibien und Reptilien.....	15
2.1.5 Auswirkungen auf Vögel.....	15
2.1.6 Auswirkungen auf Säugetiere.....	15
2.1.7 Auswirkungen auf Lebensgemeinschaften und bedrohte Arten	16
2.2 AUSWIRKUNGEN AUF DIE GESUNDHEIT DES MENSCHEN.....	16
2.3 EFFEKT DER LICHTVERSCHMUTZUNG AUF DIE SICHTBARKEIT DES STERNENHIMMELS	17
2.4 MESSUNG DER NACHTDUNKELHEIT.....	17
2.5 TECHNISCHE ASPEKTE DER BELEUCHTUNG	18
2.6 RECHTLICHE GRUNDLAGEN ZUR THEMATIK LICHTVERSCHMUTZUNG AUF BUNDESEBENE.....	19
3 NATURPARK GANTRISCH	21
3.1 LAGE	21
3.2 SITUATION DER LICHTVERSCHMUTZUNG.....	23
3.3 BEDEUTUNG EINER ZONIERUNG	24
4 ZERTIFIKATE DER INTERNATIONAL DARK SKY ASSOCIATION.....	25
4.1 ÜBERBLICK ÜBER DIE ZERTIFIKATE DER IDA.....	25
4.2 VERGLEICH DER ZERTIFIKATE DARK SKY PARK UND DARK SKY RESERVE	26
4.3 BEDEUTUNG DES ZERTIFIKATS DARK SKY PARK FÜR DEN NATURPARK GANTRISCH.....	27
5 VORGEHEN FÜR DIE LEITFADENGESTÜTZTEN EXPERTENINTERVIEWS	30
5.1 AUSWAHL DER EXPERTEN.....	30
5.2 ERSTELLUNG DES LEITFADENS.....	31
5.3 DURCHFÜHRUNG DER INTERVIEWS	31
5.4 AUSWERTUNG DER INTERVIEWS.....	31
6 ERSTE RESULTATE MIT BEZUG ZUM VORGEHEN BEI DER ZONIERUNG	32
6.1 HINWEISE ZUR ZONIERUNG AUF BASIS DER IDA-RICHTLINIEN.....	32
6.2 HINWEISE ZUR ZONIERUNG AUF BASIS DER EXPERTEN-INTERVIEWS	33
7 VORGEHEN BEI DER ZONIERUNG	35
7.1 KRITERIEN FÜR DEN NATURPARK GANTRISCH	35
7.2 VERWENDETE GEODATEN	37
7.3 VORGEHEN BEI DER UMSETZUNG IN ARCGIS DESKTOP DER FIRMA ESRI.....	42
7.3.1 Aufbereitung der Daten.....	42
7.3.2 Eignung von Gebieten für eine Kernzone ohne Gewichtung von Kriterien	43
7.3.3 Eignung von Gebieten für eine Kernzone mit Gewichtung von Kriterien	44

7.3.4	Erstellung einer Kernzone auf Basis von Eignungskarten	47
7.3.5	Validierung der Kernzone auf den Zweck eines IDA Dark Sky Parks.....	47
8	RÄUMLICHE ERGEBNISSE	48
8.1	POTENTIELL GEEIGNETE GEBIETE FÜR DIE KERNZONE OHNE GEWICHTUNG	49
8.2	POTENTIELL GEEIGNETE GEBIETE FÜR DIE KERNZONE MIT GEWICHTUNG.....	52
8.3	ZONIERUNGSVORSCHLAG	53
8.4	VALIDIERUNG DER KERNZONE AUF DEN ZWECK VON DARK SKY PARKS.....	54
9	DISKUSSION	57
9.1	KRITIK AM METHODISCHEN VORGEHEN.....	57
9.2	KRITISCHE BETRACHTUNG DER ZONIERUNG	57
9.3	BEDEUTUNG DER RESULTATE FÜR DEN NATURPARK	59
10	SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK	61
	DANKSAGUNG.....	62
	LITERATURVERZEICHNIS	63
	ANHANG	68
A1	GEODATEN, MODELLE, PLÄNE	69
A2	DOKUMENTE ZU DEN EXPERTENINTERVIEWS	87
	EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Satellitenbild über Europa in der Nacht	10
Abbildung 2: VIIRS Daten vom Jahr 2017 zur Lichtverschmutzung	18
Abbildung 3: Sky Quality Meter - L	18
Abbildung 4: Vergleich von ineffizienter und effizienter Beleuchtung	19
Abbildung 5: Lage des Naturparks Gantrisch (eigene Darstellung, für Informationen zu den Geodaten siehe Anhang A1.1)	21
Abbildung 6: Darstellung der Kantone und Gemeinden des Naturparks Gantrisch (eigene Darstellung, für Informationen zu den Geodaten siehe Anhang A1.1)	22
Abbildung 7: Übersichtskarte des Naturparks Gantrisch (eigene Darstellung, für Informationen zu den Geodaten siehe Anhang A1.1)	23
Abbildung 8: Lichtemissionen in den Jahren 2004-2006	24
Abbildung 9: Lichtemissionen in den Jahren 2007-2009	24
Abbildung 10: Lichtemissionen in den Jahren 2010-2012	24
Abbildung 11: Messwerte für Gold, Silber und Bronze im Naturpark Gantrisch	29
Abbildung 12: Kategorien für Zonierungskriterien und deren Bedeutung im Zonierungsprozess.....	35
Abbildung 13: Beispiel zur Veranschaulichung der Gewichtung und der Verrechnung von Datensätzen (eigene Abbildung).....	44
Abbildung 14: Idealfall (Astronomie vs. Ökologie)	58
Abbildung 15: Mögliches Szenario in der Realität (Astronomie vs. Ökologie)	58
Abbildung 16: Mögliches Szenario in der Realität (Astronomie und Ökologie vs. Quelle der Lichtverschmutzung).....	58
Abbildung 17: Grafik aus dem Modelbuilder (zweiter Teil siehe Abbildung 18).....	72
Abbildung 18: Grafik aus dem Modelbuilder (erster Teil siehe Abbildung 17)	73
Abbildung 19: Übersichtskarte - Eignung für eine Kernzone (Legende: siehe Abbildung 20).....	74
Abbildung 20: Legende zu Abbildung 19.....	75
Abbildung 21: Übersichtskarte Unterkünfte – Verpflegung – Sommeraktivitäten	76
Abbildung 22: Übersichtskarte Unterkünfte – Verpflegung – Winteraktivitäten	77
Abbildung 23: Übersichtskarte Unterkünfte – Verpflegung – Sehenswürdigkeiten – Infrastrukturen	78
Abbildung 24: Schutzgebiete Übersicht (Legende: siehe Abbildung 25)	79
Abbildung 25: Legende zu Abbildung 24.....	80
Abbildung 26: Bundesinventar Amphibienlaichgebiete	81
Abbildung 27: Bundesinventar der Hochmoore und Flachmoore.....	81
Abbildung 28: Bundesinventar der Moorlandschaften besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	82

Abbildung 29: Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler	82
Abbildung 30: Auen kantonalen Bedeutung (FR)	83
Abbildung 31: Amphibienlaichgebiete kantonalen Bedeutung (FR)	83
Abbildung 32: Kantonale Naturschutzgebiete (BE)	84
Abbildung 33: Wildschutzgebiete (BE)	84
Abbildung 34: Flachmoore kantonalen Bedeutung	85
Abbildung 35: Regionale und überregionale Wildtierkorridore	85
Abbildung 36: Vogelzuggebiete (basierend auf Beobachtung)	86
Abbildung 37: Fliessgewässerabschnitte mit hoher Biodiversität und seltenen Arten	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definitionen der Zertifikate der IDA basierend auf IDA (2017a)	25
Tabelle 2: Vergleich der Richtlinien der IDA von Dark Sky Parks und Dark Sky Reserves	26
Tabelle 3: Gold, Silber und Bronze Auszeichnungen basierend auf IDA (2015a)	28
Tabelle 4: Übersicht über die befragten ExpertInnen (geordnet nach Datum des Interviews)	30
Tabelle 5: Reklassifizierung der Satellitendaten	42
Tabelle 6: Reklassifizierung des Rasterdatensatzes der Gebäudedichte	43
Tabelle 7: Gewichtung der Datensätze	45
Tabelle 8: Wertebereiche für Dunkelheit, Gebäudedichte und Schutzgebiete	46
Tabelle 9: Veränderung der Wertebereiche, um ähnliche Wertigkeiten zu erreichen	46
Tabelle 10: Verwendete Datensätze und deren Quelle	69
Tabelle 11: Leitfaden für die Experteninterviews	89

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Weltweit gibt es immer weniger Gebiete mit einer natürlichen Nachtdunkelheit (IDA, 2017b). Blickt man in urbanen Räumen in den Himmel, erkennt man am Himmelszelt, wenn überhaupt, oft nur vereinzelte Sterne. Licht wird weit über die Atmosphäre verbreitet, wodurch auch von Städten weit entfernte Gebiete in der Nacht vom Licht künstlicher Beleuchtung erreicht werden. In der Schweiz haben gegen oben gerichtete Lichtemissionen in den letzten zwanzig Jahren um rund 70 Prozent zugenommen, wodurch dunkle Gebiete immer seltener werden (BAFU, 2012a). Eine Hauptursache der Lichtverschmutzung ist die ineffiziente Beleuchtung. Leuchtkörper, die nicht nur die eigentlich zu beleuchtende Fläche anstrahlen und seitlich oder nach oben abstrahlen, bewirken eine Aufhellung des Nachthimmels. Ineffiziente Beleuchtung führt zu unnötigen Stromkosten, jedoch hat die Lichtverschmutzung auch Auswirkungen in vielen weiteren Bereichen.

Für das Leben auf unserer Erde ist Licht ein wichtiger Taktgeber. So werden viele Aktivitäten von Pflanzen und Tieren, aber auch Aktivitäten vom Menschen dem Tag-Nacht Zyklus angepasst (BAFU, 2012a). Viele Tiere sind nachtaktiv und sind für ihre Nahrungssuche auf die Dunkelheit angewiesen. Wachstumsstadien von Pflanzen werden zu einem grossen Teil durch Lichtzyklen gesteuert und die Produktion von für den Menschen wichtigen Hormonen wird durch die Dunkelheit in der Nacht eingeleitet (Hotz & Bontadina, 2007). Durch die fortschreitende Zunahme der Lichtimmissionen durch künstliche Beleuchtung auf grossflächige Gebiete unserer Erde nehmen auch die negativen Effekte auf unsere Umwelt zu (Hotz & Bontadina, 2007).



Abbildung 1: Satellitenbild über Europa in der Nacht
(http://www.lichtverschmutzung.de/karten/2012_eu_viirs_gr.jpg, Zugriff am 22.11.2017)

Der Naturpark Gantrisch liegt in einem Gebiet mit für europäische Verhältnisse relativ geringer Lichtverschmutzung. Ein Ziel des Naturparks ist es, die Nachtdunkelheit und damit den Sternenhimmel zu schützen und zu erhalten (FRG, 2016). Dies strebt er mit einer Kandidatur für einen Dark Sky Park der Organisation *International Dark Sky Association (IDA)* an, einer amerikanischen Non-Profit-Organisation (FRG, 2016). Im deutschsprachigen Raum hat sich der Begriff Sternenpark als Überbegriff für alle Dark Sky Places eingebürgert (FRG, 2016). Zumindest im Kernbereich des Sternenparks soll in unbewölkten Nächten ein sternreicher Himmel und unter optimalen Bedingungen sogar die Milchstrasse beobachtet werden können. Bei einer Zertifizierung des Gantrisch wäre dieser der erste Sternenpark der Schweiz. Weltweit gibt es gemäss der International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Stand 2013) rund 50 Sternenpärke (DSAG, 2013).

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Für die Umsetzung eines effektiven Beleuchtungskonzepts ist es sinnvoll, eine räumliche Gliederung des Naturparks vorzunehmen, wobei den Zonen unterschiedliche Vorgaben und Massnahmen in Bezug aufs Lichtmanagement zugeordnet werden. Ziel dieser Arbeit ist es, ein erfolgversprechendes und für den Naturpark umsetzbares Zonierungskonzept zu erarbeiten. Basieren soll dieses Konzept auf dem Ansatz einer Unterteilung des Gebietes in Kernzonen und Pufferzonen, wobei die Kernzonen im Vergleich zu den anderen Zonen einen besonders dunklen Himmel bieten sollen.

Die Forschungsfragen lauten daher:

Wie kann bei der Zonierung eines Sternenparks vorgegangen werden und welches Vorgehen ist für den Naturpark Gantrisch geeignet?

Welche Gebiete des Naturparks Gantrisch eignen sich für eine Kernzone und welche eignen sich für eine Pufferzone?

Diese Fragen werden anhand von Literaturrecherchen und Experteninterviews über Lichtschutzzonen erarbeitet. Mit Hilfe vorhandener Geodaten wird eine GIS-Modellierung mit der Software ArcGIS Desktop der Firma ESRI durchgeführt, um die Eignung der Flächen im Gantrisch für die verschiedenen Zonen zu ermitteln.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die ersten Kapitel dieser Arbeit dienen einer Einführung in die Thematik der Lichtverschmutzung und der Zertifikate für die Nachtdunkelheit. Es werden Auswirkungen künstlichen Lichts auf Flora, Fauna und den Menschen beschrieben. Der Einfluss der Lichtverschmutzung auf die Sichtbarkeit des Sternenhimmels wird erklärt. Anschliessend wird kurz in Methoden zur Messung der Nachtdunkelheit eingeführt.

In Kapitel 3 wird das Gebiet des Naturparks Gantrisch vorgestellt, wobei die Lage, die Besiedlungsstruktur und die zugehörigen Gemeinden und Kantone mit Hilfe von Karten beschrieben werden. Darstellungen von ausgewerteten Nachtsatellitendaten geben einen groben Einblick in den Stand der Lichtverschmutzung in der Umgebung des Naturparks. Danach wird kurz erläutert, was eine Zonierung für Nachtdunkelheit für einen Regionalen Naturpark, wie den Naturpark Gantrisch, bedeuten könnte. Darauf folgt ein methodisches Kapitel, in welchem das Vorgehen für die Durchführung der Experteninterviews erläutert wird. Anschliessend wird als erstes Resultat das Vorgehen für die Zonierung vorgestellt. Das Resultat, welches durch die Umsetzung dieses Vorgehens entstand, wird im Kapitel zu den räumlichen Ergebnissen anhand einiger Karten dargestellt. Die Arbeit endet nach einer Diskussion des methodischen Vorgehens und der Resultate mit einer Schlussfolgerung.

Im Anhang befindet sich eine Tabelle mit Informationen zu den Quellen der verwendeten Geodaten. Ausserdem werden dort die kartografisch aufbereiteten Zwischenschritte dargestellt, die bei der

Erarbeitung der Resultate entstanden sind. Dort können Details zur Entstehung der Resultate nachvollzogen werden. Ebenfalls liegen im Anhang Dokumente zu den Experteninterviews bei.

2 Lichtverschmutzung

Der Sternenhimmel hat seit Jahrtausenden eine grosse Bedeutung für die Menschheit. So segelten Seefahrer mit Orientierungshilfe des Sternenhimmels über Ozeane, es wurde der Forschungsbereich der Astronomie erschaffen, und nicht zuletzt inspirierte und inspiriert der Sternenhimmel viele Dichter.

Heute werden immer grössere Gebiete der Nachtlandschaft der Schweiz von künstlichem Licht erreicht. Nicht nur die dichte Besiedlung, sondern auch das unebene Gelände der Schweiz bewirkt, dass sich Kunstlicht weit in der Atmosphäre verbreiten kann (BAFU, 2012a). Eine Laterne, die auf einem Hügel installiert wird, strahlt bedingt durch ihre Lage viel Licht in die Atmosphäre. Wird dieselbe Laterne auf ebenem Terrain installiert, wird weniger Licht in die Atmosphäre abgegeben. Jedoch kann durch Erhebungen auch Licht abgeschirmt werden. Aufgrund des stetigen Bevölkerungswachstums und der daraus resultierenden zunehmenden Besiedlungsdichte ist anzunehmen, dass sich das Problem der Lichtverschmutzung ohne entsprechende Massnahmen über die nächsten Jahre weiter verschärfen wird (BAFU, 2012a).

Die Effekte und Auswirkungen der Lichtverschmutzung werden immer mehr erforscht. In diesem Kapitel werden Erkenntnisse aus der Forschung zur Auswirkung der Lichtverschmutzung auf Tiere, Pflanzen und auf den Menschen zusammengefasst. Darauf folgend werden technische Aspekte der künstlichen Beleuchtung erklärt und am Ende des Kapitels wird die gesetzliche Verankerung der Lichtverschmutzung in der Schweiz erläutert.

2.1 Ökologische Auswirkungen

Im Laufe der Evolution haben sich die meisten Organismen an die Abwechslung von Tag und Nacht und somit an den Wechsel von Helligkeit und Dunkelheit angepasst. Auch viele dieser Organismen haben die Fähigkeit, sich den über das Jahr zeitlich ändernden Tagesrhythmen anzupassen. Die physiologische (innere) Uhr, die für Aktivitäten von Organismen und für Prozesse im Inneren dieser Organismen verantwortlich ist, wird hauptsächlich durch den natürlichen Tag-Nacht-Wechsel bestimmt. Die Auswirkung von künstlichem Licht auf Tiere und Pflanzen ist je nach Art unterschiedlich. Es gibt lichttolerante aber auch sehr lichtempfindliche Arten. Während der Einfluss von künstlichem Licht die Überlebensfähigkeit lichtempfindlicher Arten reduzieren kann, können lichttolerante Arten sich daran anpassen und allenfalls sogar davon profitieren. Folgend werden Effekte und Auswirkungen auf unterschiedliche Organismengruppen aufgezeigt und es werden Auswirkungen erläutert, welche künstliches Licht auf die Lebensgemeinschaften verschiedener Arten haben kann (Hotz & Bontadina, 2007).

Die Zusammenfassung der ökologischen Aspekte basiert hauptsächlich auf dem Grundlagenbericht über die ökologischen Auswirkungen künstlicher Beleuchtung von Hotz und Bontadina (2007), der anhand einer ausführlichen Literaturstudie erstellt wurde. Die Auswirkungen auf den Menschen werden separat im darauffolgenden Kapitel behandelt.

2.1.1 Auswirkungen auf Pflanzen

Viele grundlegende Prozesse von Pflanzen, wie zum Beispiel die Keimung, das Stängelwachstum, die Blüten- und Fruchtbildung, sind vom Licht abhängig. Das Licht wird von Photorezeptoren aufgenommen und durch die variierenden Tageslängen über die Jahreszeiten hinweg werden die jeweiligen Prozesse eingeleitet. Künstliches Licht kann je nach Lichtsensitivität der Art deren Rhythmus durcheinanderbringen und somit die Pflanze schwächen. In Versuchen kann gezeigt werden, dass das Photosynthesevermögen mancher Arten bei einer Dauerbeleuchtung von 24 Stunden erlahmt. Auch kann bei manchen Arten eine Störung der Blütenbildung durch Lichteinwirkungen in der Dunkelphase beobachtet werden, wohingegen diese bei anderen Pflanzen angeregt wird. Bisher gibt es jedoch noch wenige

genaue Untersuchungen über den Einfluss von künstlicher Beleuchtung in der Nacht auf Pflanzen (Hotz & Bontadina, 2007).

Es kann beobachtet werden, dass einige im Lichtkegel von Strassenlaternen stehende Bäume ihre Blätter im Herbst länger tragen als Bäume ohne direkte künstliche Lichteinwirkung (Briggs, 2002).

2.1.2 Auswirkungen auf wirbellose Tiere

Viele Insekten werden von künstlichem Licht angelockt und sind häufig in der Lichtsphäre der Strassenlaterne, von Leuchtreklamen oder anderen Beleuchtungen gefangen (Eisenbeis & Hassel, 2000). Sie werden durch das Licht desorientiert und fliegen endlose Kreise, wodurch sie ihre Energievorräte verfliegen (Plummer et al., 2016). Dadurch werden sie vom normalen Verhalten, wie zum Beispiel von der Nahrungsaufnahme oder der Paarung, abgehalten oder sie gehen durch Erschöpfung oder Verbrennen an der Lichtquelle zu Grunde (Plummer et al., 2016).

Bei Insektenfängen unter Strassenlampen zählte Kolligs (2000) Insekten von 138 Familien. Dabei handelte es sich vor allem um Moskitos, Falter, Fliegen und Käfer. Jedoch sind gemäss Recherchen von Hotz und Bontadina (2007) keine dokumentierten Beispiele von Falterpopulationen bekannt, welche aufgrund von künstlicher Beleuchtung ausgestorben sind. Untersuchungen zeigen, dass künstliches Licht auch eine starke Anlockwirkung auf viele Wasserinsekten hat, wie zum Beispiel auf Köcherfliegen, Fliegen und Mücken (Scheibe, 2000). Dabei ist der Einfluss des Lichts je nach Art unterschiedlich; selbst nah verwandte Arten können in ihrer Reaktion stark variieren (Scheibe, 2000).

Auch bei weiteren wirbellosen Arten lässt sich eine Verhaltensauswirkung durch künstliches Licht beobachten. Gewisse Spinnen suchen zum Beispiel aktiv das Licht auf, wobei andere dem Licht wo immer möglich ausweichen (Nakamura & Yamashita, 1997). Anhand von Resultaten aus Laboruntersuchungen vermutet man, dass dieses Verhalten genetisch determiniert ist (Heiling, 1999). Wasserflöhe, welche nur während dunklen Bedingungen für die Nahrungsaufnahme in die Nähe der Wasseroberfläche schwimmen, wandern bei künstlich beleuchteten Gewässern weniger weit hoch (Moore et al., 2001). Arten mit einer innerartlichen visuellen Kommunikation, wie zum Beispiel den Glühwürmchen, kann die Sichtbarkeit der Kommunikationssignale durch künstliches Licht beeinträchtigt werden (Lloyd, 2002).

2.1.3 Auswirkungen auf Fische

Licht hat einen Einfluss auf die Reproduktion verschiedener Fische (Maise, 1996). Obwohl zum Beispiel Forellen und Lachse normalerweise nur einmal im Jahr laichen, können sie unter entsprechenden Lichtbedingungen sechs Monate später ein weiteres Mal laichen (Maise, 1996). Künstliches Licht führt auch zu einer Aktivitätsänderung einiger Arten. Gemäss Nemeth & Anderson (1992) gibt es Arten, bei welchen die Juvenilen in der Nacht normalerweise nicht aktiv sind. Wird das Gewässer jedoch künstlichem Licht ausgesetzt, führt dies zu einer signifikant grösseren Nachtaktivität (Nemeth & Anderson, 1992). Bei gewissen Arten führt die künstliche Beleuchtung jedoch auch dazu, dass sie sich in Bodennähe aufhalten und weniger aktiv sind (Anonymous, 1999 in Hotz & Bontadina, 2007). Manche Fische werden von Licht angezogen, wieder andere weichen dem Licht aus. Zum Beispiel ist der Europäische Aal ein nachtaktiver Räuber und meidet das Licht (Bruijs, Hadderingh, & Jenner, 2002). Durch die unterschiedlichen Reaktionen von Fischen auf das Licht kann durch nächtliche Beleuchtung die Verteilung von Fischen und deren Wanderverhalten verändert werden (Nightingale & Simenstad, 2002). Juvenile Fische, aber auch deren Feinde, werden von Licht angezogen, wodurch diese schnell zum Opfer werden (Nightingale & Simenstad, 2002).

2.1.4 Auswirkungen auf Amphibien und Reptilien

Der Einfluss von künstlichem Licht auf Amphibien und Reptilien ist je nach Art unterschiedlich. Manche tagaktiven Arten profitieren vom durch die künstlichen Beleuchtungen verlängerten Tag und können dadurch länger Beute fangen. Einige nachtaktive Arten sind bei künstlicher Beleuchtung erfolgreicher in der Nahrungssuche, da ihre Beute vom Licht angezogen wird, wobei jedoch auch das Risiko besteht, selbst zur Beute zu werden (Perry & Fisher in Rich & Longcore, 2006 in Hotz & Bontadina, 2007).

Die fast ausschliesslich nachtaktiven Amphibien können durch nächtliche Beleuchtungen einerseits bei der Nahrungssuche, andererseits auch in ihrem Fortpflanzungsverhalten beeinträchtigt werden. Sie brauchen relativ lange (mehrere Minuten bis Stunden) bis sie sich an das Licht gewöhnt haben und können dadurch in dieser Zeitspanne keine Nahrung finden (Buchanan, 1993). Sobald sich die Augen von Kröten und Fröschen jedoch ans Licht gewöhnt haben, kann dies sogar einen positiven Effekt auf ihre Nahrungssuche haben, da sie ihre Beute leichter sehen und diese oft auch selbst (z.B. Insekten) vom Licht angezogen wird (Hotz & Bontadina, 2007). Je nach Reaktion auf das künstliche Licht kann sich das Fortpflanzungsverhalten von nachtaktiven Fröschen durch nächtliche Beleuchtung ändern. Zum Beispiel rufen bestimmte Frösche unter dem Einfluss von künstlichem Licht nicht (Longcore & Rich, 2004), wodurch sie nicht erfolgreich Weibchen anlocken können und ihre Reproduktion verhindert wird (Hotz & Bontadina, 2007).

2.1.5 Auswirkungen auf Vögel

Auch bei Vögeln kann das Licht einen Einfluss auf deren Reproduktion haben (Hotz & Bontadina, 2007). Gerade bei Nebel ist für ziehende Vögel die Orientierung schwierig, da die Sicht auf die Sterne und auf die Erdoberfläche verdeckt ist. Bei Nebel entsteht in der Nacht über beleuchteten Siedlungsgebieten oft ein Lichtdom, bzw. ein erleuchtetes Areal, welches die Vögel anzieht. Durch diese Desorientierung verlieren Vögel Energiereserven und sterben oftmals in grossen Zahlen an Erschöpfung (Schweizerische Vogelwarte Sempach, 2004 in Hotz & Bontadina, 2007).

Bei Singvögeln kann eine Verhaltensänderung durch künstliches Licht beobachtet werden. So beginnen manche Singvögel in beleuchteten Gebieten früher zu singen als in Gebieten ohne künstliche Beleuchtung (Raap, Pinxten & Eens, 2015).

2.1.6 Auswirkungen auf Säugetiere

Die grossen Pupillen von nachtaktiven Säugetieren, wie zum Beispiel von Rehen oder Hirschen, lassen viel Licht durchtreten, welches auf ein hoch sensitives Stäbchensystem trifft. Durch helles Licht werden diese Tiere stark geblendet. Die Helladaption dauert zwar nur einige Sekunden, jedoch dauert die erneute Adaption an die Dunkelheit 10-40 Minuten (Beier in Rich & Longcore, 2006 in Hotz & Bontadina, 2007). In dieser Zeit sind sie ihren Feinden gegenüber wehrlos ausgesetzt.

Manche Säugetierarten meiden beleuchtete Areale. Zum Beispiel wurde beobachtet, dass beim Schloss Hallwil Zwerg- und Wasserfledermäuse bei der Jagd nur dunkle Bereiche des Schlossgrabens und des Baches nutzen (Beck, 2005 in Hotz & Bontadina, 2007). Ausserdem lässt sich beobachten, dass Fledermäuse bei künstlicher Beleuchtung der Umgebung ihres Quartiers später ausfliegen, oder dass sie das Quartier am Abend auf der dunkelsten Seite verlassen (Beck, 2005 in Hotz & Bontadina, 2007). Jedoch gibt es auch Fledermausarten, die beleuchtete Strassen für die Jagd aufsuchen, was vermutlich eine Reaktion auf das grosse Nahrungsangebot (Insekten) in beleuchteten Bereichen ist (Blake et al., 1994). Das Jagdverhalten verschiedener Fledermausarten in Bereichen von künstlicher Beleuchtung unterscheidet sich stark voneinander. Schnellfliegende Fledermäuse suchen viel öfters Gebiete mit Beleuchtung auf und fliegen schnell über die beleuchtete Fläche (Ryddell & Baagøe, 1996 in Hotz & Bontadina, 2007). Langsam fliegende Fledermäuse wiederum besuchen den Lichtkegel nur ganz kurz, schnappen sich eine Beute und fliegen wieder weg (Ryddell & Baagøe, 1996 in Hotz & Bontadina, 2007).

2.1.7 Auswirkungen auf Lebensgemeinschaften und bedrohte Arten

Es gibt Arten, welche sich Ressourcen auf einem Lichtgradienten teilen, wie dies zum Beispiel bei verschiedenen Amphibienarten der Fall ist (Longcore & Rich, 2004). Das heisst sie nutzen dieselben Ressourcen, jedoch sind sie bei unterschiedlichen Lichtintensitäten auf der Nahrungssuche. Durch künstliches Licht kann die Interaktion zwischen diesen Arten gestört oder sogar unterbrochen werden (Hotz & Bontadina, 2007). Lichtempfindliche Arten verschwinden aus Gebieten mit ungenügender Dunkelheit. So vermindert sich zum Beispiel die Diversität von Salamandern in Gebieten mit künstlicher Beleuchtung (Hotz & Bontadina, 2007).

Künstliches Licht wirkt sich, wie bereits an einigen Textstellen erwähnt, auch auf das Räuber-Beute-Verhalten von Tieren aus. Das Nahrungsangebot ist zwar häufig in beleuchteten Gebieten grösser als in dunklen Gebieten oder ermöglicht das Jagen während einer längeren Zeitperiode, jedoch ist auch das Risiko selbst gefressen zu werden erhöht (Buchanan, 2002).

Künstliches Licht kann besonders entlang beleuchteter Strassen eine Lebensraumfragmentierung von Tierarten zur Folge haben (Scheibe, 1999).

Knop et al. (2017) zeigen anhand einer Studie, dass künstliches Licht in der Nacht nächtliche Bestäubungsnetzwerke durcheinanderbringen kann. Nebst tagaktiven Insekten sind auch sehr viele nachtaktive Insekten für die Bestäubung von Pflanzen zuständig. Pflanzen in künstlich beleuchteten Gebieten wurden rund 60 Prozent weniger von nachtaktiven Insekten besucht als Pflanzen in dunklen Gebieten. Dies führte dazu, dass rund 15 Prozent weniger Früchte produziert wurden, obwohl diese Pflanzen auch von vielen tagaktiven Bestäubern besucht wurden. Somit kann künstliches Licht negative Effekte auf den Reproduktionserfolg von Pflanzen haben (Knop et al., 2017).

Durch künstliche Beleuchtung werden lichttolerante Arten bevorzugt und lichtsensitive Arten ausgeschlossen, was langfristig zu einer Artenverarmung oder zu einer Artenverschiebung führen kann (Scheibe, 2003). Einen grossen Effekt könnte dies auf Arten haben, welche nur wenig mobil sind und im Verlauf ihres Lebens nur eine geringe Strecke zurücklegen und an ein Habitat mit engen Bedingungen gebunden sind (Scheibe, 2003). So ist zum Beispiel der Effekt auf Wasserinsekten durch Beleuchtung an naturnahen aquatischen Ökosystemen erheblich (Scheibe, 2003).

Unter den durch nächtliche Beleuchtung negativ beeinträchtigten Arten befinden sich immer auch seltene Arten. Bei Vögeln wird vermutet, dass dies auf manche Populationen relevante Auswirkungen haben könnte (Le Corre et al., 2002).

2.2 Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen

Obwohl Licht für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen sehr wichtig ist, hat es auch negative Folgen. Belästigende Wirkungen können zum Beispiel durch Blendung oder durch Raumaufhellung in der Nacht entstehen. Jüngste Forschungen zeigen, dass künstliches Licht einen Einfluss auf den Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen hat, der natürlicherweise vom Tag-Nacht-Rhythmus bestimmt wird. Licht wirkt je nach Wellenlänge unterschiedlich störend; je kurzwelliger desto grösser ist die negative Beeinträchtigung. Das heisst, die negative Wirkung von blauem Licht auf Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen ist grösser als diejenige von gelbem Licht (BAFU, 2012a).

Licht wird in der Netzhaut des menschlichen Auges von Rezeptoren aufgenommen (BAFU, 2012a). Bei diesen Rezeptoren handelt es sich um Photopigmente, welche sich in Zellen der Netzhaut befinden (Hotz & Bontadina, 2007). Das Licht wird über die Photopigmente in Form von elektrischen Impulsen ins Zwischenhirn weitergeleitet, wo sich die sogenannte physiologische (innere) Uhr befindet (Hotz & Bontadina, 2007). In der Nacht wird dort das Hormon Melatonin freigesetzt, welches zeitabhängige Rhythmen des Körpers steuert (Hotz & Bontadina, 2007). Melatonin hat unter anderem einen Einfluss auf die Schlaf-Wach-Rhythmen und steuert die Produktion anderer Hormone (Hotz & Bontadina,

2007). Durch das Auftreffen von künstlichem Licht (insbesondere von blauem Licht) auf die Photorezeptoren kann die Melatoninproduktion gestoppt werden (Hotz & Bontadina, 2007). Bei Menschen, welche regelmässig über längere Zeiträume in der Nacht künstlichem Licht ausgesetzt sind, kann dies zu Schlafproblemen, zu Störungen der Hormonproduktion, zu Krebserkrankungen und zu Herz-Kreislauf-Problemen führen (Hotz & Bontadina, 2007). Laut BAFU (2012a) beschränken sich Forschungen bisher hauptsächlich auf die Auswirkung von Lichtquellen auf den Menschen im Innenraum; ob Lichtquellen in der Umwelt auch einen Einfluss auf die physiologische (innere) Uhr haben, ist gemäss BAFU noch nicht bekannt.

2.3 Effekt der Lichtverschmutzung auf die Sichtbarkeit des Sternenhimmels

Wie viele Sterne in einer klaren Nacht sichtbar sind, hängt stark von der Helligkeit des Himmels ab. So lassen sich in einer Vollmondnacht nur sehr wenige Sterne beobachten. Den gleichen Effekt wie der Mond haben auch Städte, die viel Licht in die Atmosphäre strahlen.

Je dunkler der Himmel ist, desto mehr Sterne sind sichtbar. Dies machen sich Astronomen zur Abschätzung der Himmelsqualität zu Nutzen. Sie orientieren sich beispielsweise an den schwächsten Sternen, die von Auge noch zu sehen sind. Dadurch lässt sich anhand einer Skala ein Wert für die sogenannte *Limiting Visual Magnitude* bestimmen. Je kleiner der Wert, desto dunkler ist der Himmel und dementsprechend sind Himmelsobjekte deutlicher sichtbar (Owens, 2012). Die Himmelsqualität lässt sich auch anhand der Bortle-Skala nach John Bortle abschätzen. Diese Skala hat 9 Klassen, wobei Gebiete mit aussergewöhnlicher Dunkelheit (z.B. in der Wüste) Klasse 1 und besonders helle Gebiete (z.B. in der Innenstadt) Klasse 9 zugeordnet werden. In Gebieten mit Klasse 1 können aussergewöhnlich lichtschwache Himmelsobjekte beobachtet werden, wohingegen in Gebieten mit Klasse 9 viele Sternbilder grosse Lücken aufweisen und die Milchstrasse nicht erkennbar ist (Bortle, 2006).

Eine andere Störquelle für Himmelsbeobachtungen ist, nebst der Aufhellung des Nachthimmels, direktes Blenden von Strassenlaternen, beleuchteten Gebäuden oder anderen Lichtquellen. Gemäss Peter Schlatter (2017) vom Physikalischen Institut der Universität Bern spielen neben der Distanz der Lichtquelle zum Beobachter zusätzliche Faktoren, wie die Intensität, die Abstrahlcharakteristik, das Lichtspektrum und die Richtung zum Beobachter, eine Rolle.

2.4 Messung der Nachtdunkelheit

Für die Messung der Nachtdunkelheit gibt es verschiedene Methoden und Geräte. Zum einen gibt es visuelle Methoden, wovon zwei im vorherigen Kapitel zum Effekt der Lichtverschmutzung auf die Sichtbarkeit des Sternenhimmels beschrieben wurde. Diese Methoden liefern Werte, die je nach Beobachter stark variieren können. Folgend werden zwei weitere Methoden zur Messung der Nachtdunkelheit kurz beschrieben.

Anhand von Nachtsatellitenbildern kann ermittelt werden, wie viel Licht von der Erde in die Atmosphäre strahlt (Weiss & Kienast, 2012). Beispielsweise generiert der satellitenbasierte Sensor der Firma Raytheon, der *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)*, Daten, welche weltweit Lichtemissionen auf der Erdoberfläche darstellen (siehe [Abbildung 2](#)) (Raytheon Company, 2017). Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Satellitendaten sind ein Produkt des Monitoringprogramms «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES), welches von der Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) erarbeitet wurde. Dafür wurden Nachtsatellitenbilder des *Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)* verwendet (Weiss & Kienast, 2012). Diese Daten werden in Kapitel 7.2 genauer beschrieben.

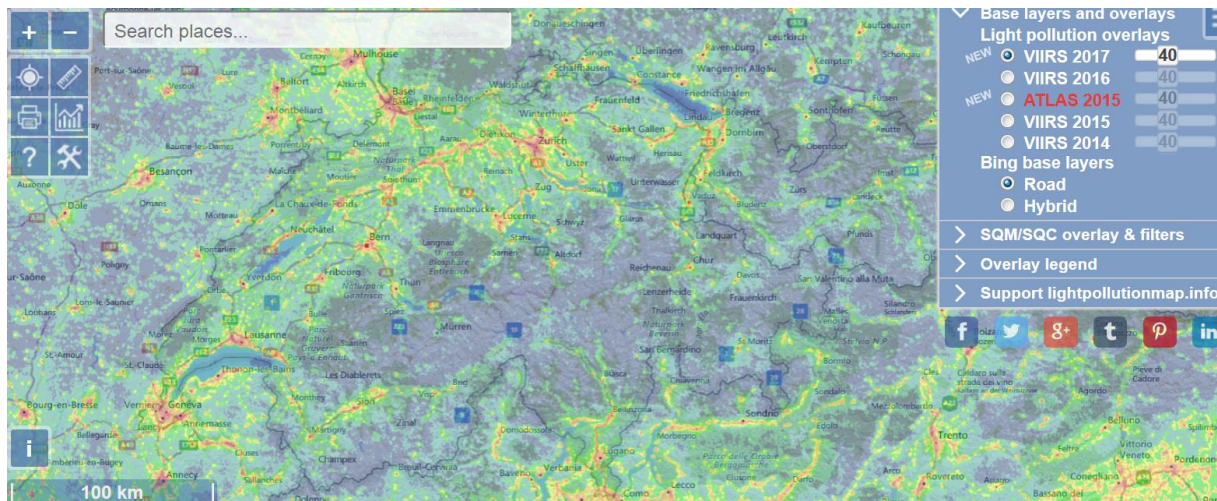


Abbildung 2: VIIRS Daten vom Jahr 2017 zur Lichtverschmutzung
(www.lightpollutionmap.info, Zugriff am 16.12.2017)

Der Sky Quality Meter ist ein Gerät zur Messung der Himmelselligkeit. Das Modell SQM-L (siehe Abbildung 3) misst die Himmelselligkeit über einem Kegel von 20° und gibt diese in Magnituden pro Quadratbogensekunden an ($\text{mag}/\text{arcsec}^2$). Das Messgerät wird für die Messung senkrecht zum Himmel ausgerichtet, wobei der Zenit wolkenfrei sein muss. Je grösser der Wert ist, desto dunkler ist der Nachthimmel. Die Skala ist logarithmisch, was bedeutet, dass sich die Werte durch grosse Veränderungen der Himmelselligkeit relativ wenig verändern (Unihedron, 2017).



Abbildung 3: Sky Quality Meter - L
(<http://unihedron.com/projects/sqm-l/>, Zugriff am 19.12.2017)

2.5 Technische Aspekte der Beleuchtung

Häufig ist die Ursache von Lichtverschmutzung eine ineffiziente Beleuchtung. Leuchten, die über die Horizontale hinausleuchten, strahlen in die Atmosphäre und führen zu einer Aufhellung des Nachthimmels (Hänel, 2015). In Abbildung 4 wird eine Strasse mit und eine ohne Lichtverschmutzung verglichen.

Um die Lichtemissionen in die Atmosphäre zu reduzieren ist es wichtig, dass Leuchten voll abgeschirmt sind. Das heisst, sie sollten nicht direktes Licht in und über die Horizontale abstrahlen. Zum einen sollte hierfür der Leuchtkörper nicht aus dem Lampengehäuse herausragen und die Lampe sollte von einem flachen Glas umgeben sein (Hänel, 2015).



Abbildung 4: Vergleich von ineffizienter und effizienter Beleuchtung

(<http://verein-sternenpark-rhoen.de/der-sternenpark-im-biosphaerenreservat-rhoen/lichtverschmutzung-schutz-der-nacht-bes/>, Zugriff am 27.11.2017)

In vielen Ländern wurden in den letzten Jahrzehnten besonders entlang von Hauptstrassen Natriumdampflampen verwendet. Seit der Entwicklung von energieeffizienten und kostengünstigen LEDs befindet sich die Beleuchtungstechnik im Umbruch. LEDs haben verschiedene Farbspektren, die von Kalt- oder Tageslichtweiß bis zu Warmweiß reichen. Die Farben unterschiedlicher LEDs lassen sich mit der Farbtemperatur beschreiben (Hänel, 2015). Warmweißes Licht hat eine Farbtemperatur von unter 3'300 Kelvin, kaltweißes Licht von über 5'300 Kelvin (Hänel, 2015; Reichenbach et al., 2017).

Durch den Einsatz von LED Lampen scheint zwar durch die hohe Energieeffizienz der Stromverbrauch zurückzugehen. Jedoch ist damit zu rechnen, dass gerade durch die hohe Energieeffizienz und die damit verbundenen tiefen Stromkosten immer mehr LED Leuchtmittel eingesetzt werden. Demzufolge wird die Lichtmenge durch den wachsenden Einsatz von Leuchtmitteln immer mehr zunehmen (Hänel, 2015).

2.6 Rechtliche Grundlagen zur Thematik Lichtverschmutzung auf Bundesebene

In der Schweiz ist die Lichtverschmutzung auf Bundesebene in mehreren gesetzlichen Grundlagen verankert. Emissionsbegrenzungen können aufgrund des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG), des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG), des Bundesgesetzes über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG) und des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG) nötig sein (Klaus et al., 2005).

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) bezweckt gemäss Art. 1 USG den Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen gegen schädliche und lästige Einwirkungen. Art. 11 USG legt fest, dass Lichtemissionen bei der Quelle begrenzt werden sollen soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung können

diese Emissionsbegrenzungen verschärft werden. Dies gilt, falls feststeht oder erwartet wird, dass die Einwirkungen schädlich oder lästig werden (Bundesrat, 2017b).

Das nächtliche Landschaftsbild wird aus der Sicht des Gesetzgebers durch übermässige Lichtemissionen gestört, weshalb dessen Schutz im Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) festgehalten wird (Klaus et al., 2005). Der Zweck des Gesetzes ist (Art. 1 NHG) unter anderem das heimatische Landschafts- und Ortsbild zu schützen und auch deren Erhaltung und Pflege zu fördern. Unter besonderem Schutz stehen gemäss Art. 6 NHG Objekte von nationaler Bedeutung, welche in Bundesinventaren festgehalten werden (Bundesrat, 2017a).

Das Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG) hat unter anderem den Erhalt der Artenvielfalt und der Lebensräume einheimischer und ziehender wildlebender Säugetiere und Vögel und den Schutz bedrohter Tierarten zum Zweck (Art. 1 Abs. 1 JSG). Art. 7 Abs. 4 JSG besagt, dass die Kantone für einen ausreichenden Schutz vor Störung der wildlebenden Säugetiere und Vögel zu sorgen haben (Bundesrat, 2017c).

Das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) fordert in Art. 1 RPG den Schutz natürlicher Lebensgrundlagen wie Boden, Luft, Wasser, Wald und der Landschaft (Bundesrat, 2016).

Nebst diesen Bundesgesetzen gibt es weitere Vorschriften und Richtlinien. Die Norm SIA 491, welche vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (sia) herausgegeben wurde, dient als Grundlage für einen haushälterischen Umgang mit der Lichtnutzung in Aussenräumen. Zur Anwendung kommt sie bei Neuerstellung, Erneuerung und Ersatz von Anlagen. Die Norm orientiert sich am Vorsorgeprinzip und hat zum Ziel unnötige Lichtemissionen an der Quelle zu vermeiden. Abweichungen von dieser Norm sind nur erlaubt, falls aus Sicherheitsgründen keine anderen Lösungen möglich sind (sia, 2013).

Die Vollzugshilfe Lichtemissionen (Entwurf zur Konsultation) des BAFU hat ebenfalls zum Ziel unnötige Lichtemissionen zu vermeiden. Sie soll Akteure, die in die Planung, Bewilligung oder den Betrieb von Leuchten involviert sind, befähigen, entsprechende Massnahmen zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen zu treffen. In erster Linie richtet sich die Vollzugshilfe an Behörden, die für den Vollzug des Umweltrechts zuständig sind. Dies betrifft auch Behörden der Gemeinden, Kantone und des Bundes, die für die Beurteilung von Beleuchtungen im Aussenraum zuständig sind (Reichenbach et al., 2017).

Diese Gesetze, Richtlinien und Empfehlungen sollen unter anderem bewirken, dass nach Möglichkeit Beeinträchtigungen durch künstliches Licht vermieden werden.

3 Naturpark Gantrisch

Der Naturpark Gantrisch wird durch eine diverse Landschaft geprägt – von Bergen, Wäldern, Canyons, Landwirtschaftsland und einem aussergewöhnlich klaren Sternenhimmel (Netzwerk Schweizer Pärke, 2017b). Der Naturpark ist gemäss der Kategorisierung Schweizer Naturpärke ein Regionaler Naturpark von nationaler Bedeutung. Diese haben die Aufgabe, die Kultur- und Naturlandschaft aufzuwerten und zu erhalten, die nachhaltige Wirtschaft in der Region zu fördern und die Bevölkerung zu sensibilisieren (Netzwerk Schweizer Pärke, 2017a).

3.1 Lage

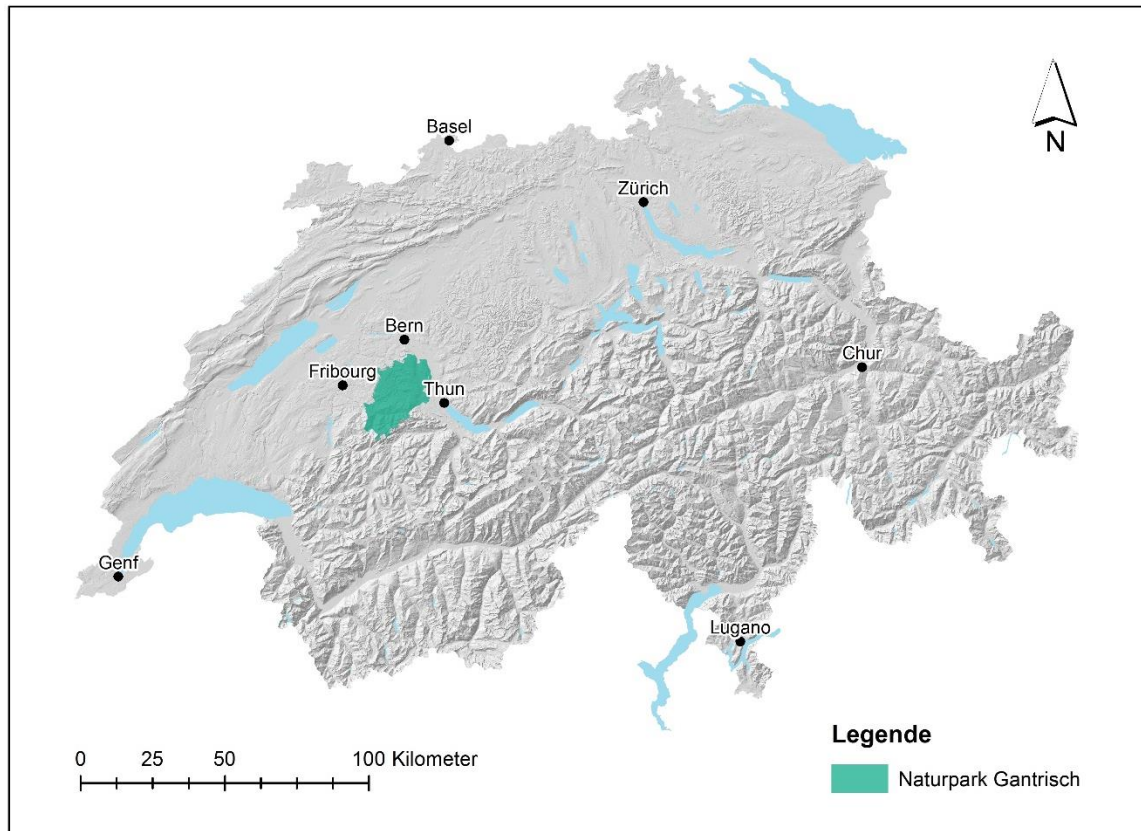


Abbildung 5: Lage des Naturparks Gantrisch (eigene Darstellung, für Informationen zu den Geodaten siehe Anhang A1.1)

Der Naturpark Gantrisch befindet sich zwischen den Städten Bern, Fribourg und Thun (siehe Abbildung 5). Er hat eine Ausdehnung von 404 km² (Netzwerk Schweizer Pärke, 2017b) und erstreckt sich vom Schweizer Mittelland bis in die Alpen. Wie auf der Karte in Abbildung 7 zu sehen ist, ist das Relief im nördlichen Bereich relativ flach bis hügelig und wird in Richtung Süden immer steiler. Die südöstliche Grenze des Naturparks wird durch eine hohe Gebirgskette der Alpen mit den Bergen Gantrisch, Märe und Schafberg gebildet.

Der Naturpark umfasst 25 Gemeinden, wovon 24 zum Kanton Bern gehören und eine zum Kanton Fribourg (siehe Abbildung 6). Mit seinen 36'800 Einwohnern (Netzwerk Schweizer Pärke, 2017b) hat der Naturpark eine Besiedlungsdichte von rund 90 Einwohnern pro Quadratkilometer. Auf der Karte in Abbildung 7 ist ersichtlich, dass der südliche Bereich weniger dicht besiedelt ist als der nördliche Bereich des Parks.



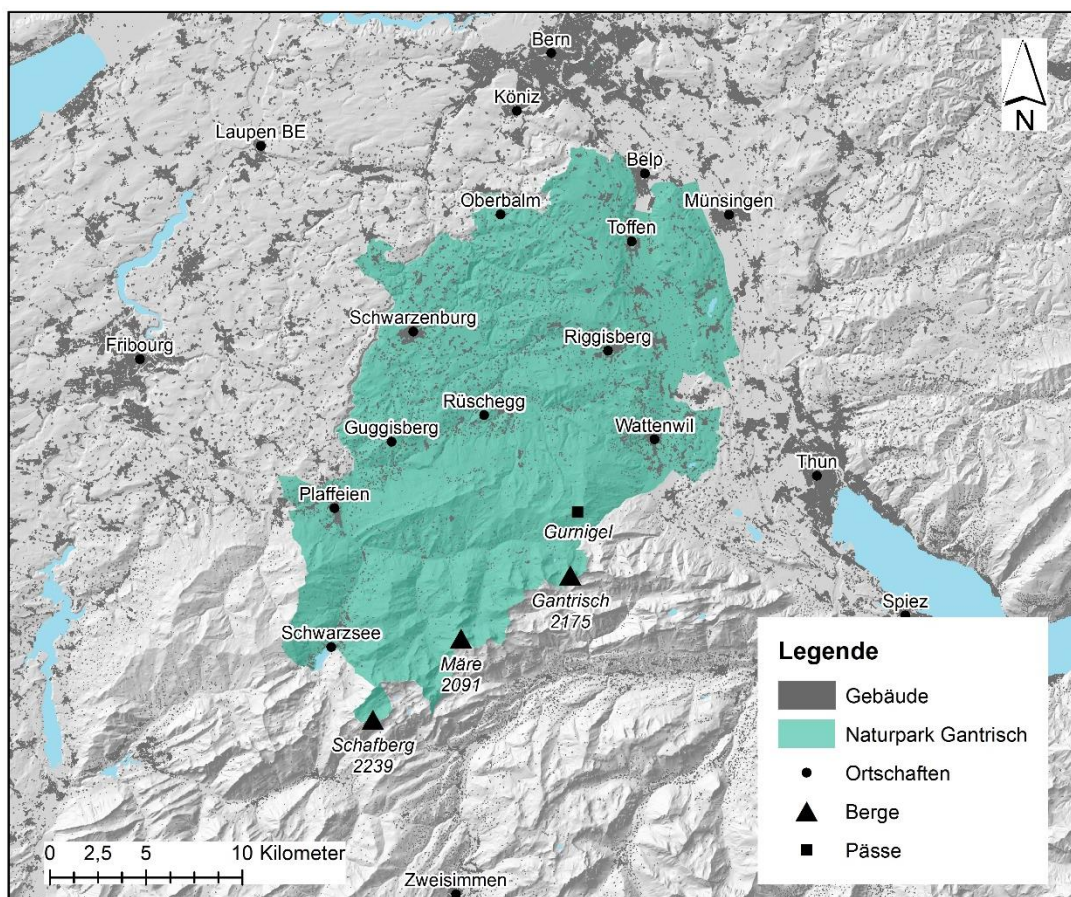


Abbildung 7: Übersichtskarte des Naturparks Gantrisch (eigene Darstellung, für Informationen zu den Geodaten siehe Anhang A1.1)

3.2 Situation der Lichtverschmutzung

Die folgenden drei Abbildungen (Abbildung 8 bis Abbildung 10) zeigen Auswertungen von Nachtsatellitendaten des Monitoringprogramms Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES) (siehe Kapitel 7.2 für weitere Informationen). Die rote Linie stellt die Grenze des Naturparks dar. Bei den roten Flächen handelt es sich um sehr helle, bei den dunkelblauen um sehr dunkle Gebiete. Die rote Fläche nördlich des Naturparks liegt über der Stadt Bern und die rote Fläche östlich des Naturparks liegt über der Stadt Thun. Auf allen drei Karten erkennt man einen graduellen Helligkeitsverlauf von den dicht besiedelten Gebieten nördlich, östlich und westlich des Naturparks zum weniger dicht besiedelten südöstlichen Bereich des Parks. Die Abbildungen veranschaulichen, dass dunkle Gebiete im Naturpark Gantrisch in den Jahren 2004 bis 2012 immer kleiner wurden.

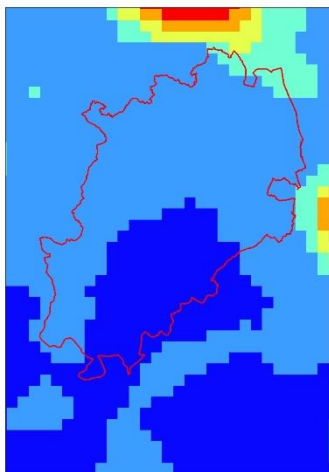


Abbildung 8: Lichtemissionen in den Jahren 2004-2006

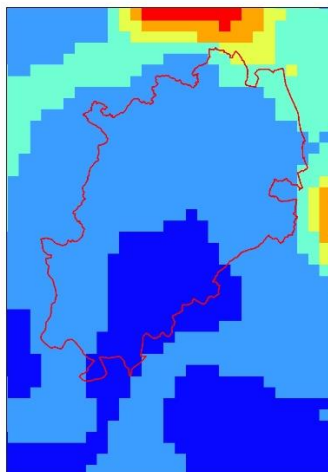


Abbildung 9: Lichtemissionen in den Jahren 2007-2009

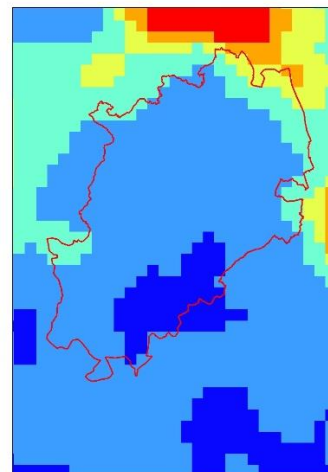


Abbildung 10: Lichtemissionen in den Jahren 2010-2012

3.3 Bedeutung einer Zonierung

Da bei Regionalen Naturparks anders als bei Nationalparks gesetzlich keine Parkzonierung in Form von Kernzonen und Umgebungszonen vorgesehen ist (Netzwerk Schweizer Pärke, 2017a), existiert beim Naturpark Gantrisch bisher keine Zonierung. Gemäss Knaus (2017), dem wissenschaftlichen Koordinator des UNESCO Biosphärenreservats Entlebuch, kann eine Zonierung bei der Bevölkerung grundsätzlich auf viel Widerstand stossen. Falls eine Zonierung eingeführt werden soll, kann dies gemäss Knaus (2017) auf folgende Arten geschehen:

- 1) Die Zonierung berücksichtigt bereits bestehende Einschränkungen, wie zum Beispiel bereits bestehende Schutzgebiete, aber führt keine neuen Einschränkungen ein.
- 2) Der Vorschlag für die Zonierung hat keine Behörden- oder Grundeigentümerverbindlichkeit, sondern wird nur park-intern erstellt. Eine solche Zonierung soll dem Park helfen, bei anstehenden Veränderungen zu entscheiden, ob das Gespräch mit Behörden oder Grundeigentümern gesucht werden soll, um ein Projekt allenfalls zu stoppen oder zu ändern. Hierbei liegt keine Verbindlichkeit vor, der Park kann lediglich mit Überzeugung durch Empfehlung und Beratung arbeiten. Falls der Vorschlag für die Zonierung publik wird, besteht jedoch die Gefahr, dass diese falsch verstanden wird und Befürchtungen aufkommen, dass etwas verboten wird.
- 3) Die Zonierung wird in Zusammenarbeit mit Gemeindebehörden, kantonalen Behörden und weiteren Akteuren erarbeitet und vorläufig festgelegt. Voraussetzung dafür ist, dass die Gemeinden in der Folge auch ihre Nutzungsplanungen anpassen.

Bei einer Zonierung für Nachtdunkelheit im Naturpark Gantrisch werden die Zonierung und die damit verbundenen Richtlinien erst mit der Implementierung in der Gemeindeordnung, resp. durch Gemeindebeschluss verbindlich. Es wird angestrebt, die Regelungen mit den Gemeinden zu erarbeiten. Nach der Erarbeitung gibt es eine Vernehmlassung.

4 Zertifikate der International Dark Sky Association

Nebst der IDA gibt es noch weitere Organisationen, wie zum Beispiel die UNESCO oder die Royal Astronomical Society of Canada (RASC), welche Gebiete für ihren dunklen Nachthimmel oder für deren Engagement zum Schutz des Nachthimmels zertifizieren (FRG, 2016). Um einen internationalen Vergleich der Zertifikate der unterschiedlichen Organisationen zu ermöglichen, entwickelte die Dark Sky Advisory Group (DSAG) der International Union for Conservation of Nature (IUCN) ein System mit sechs Kategorien (Welch, 2013). In dieser Arbeit wird jedoch nur auf die Zertifikate der IDA eingegangen. Sie stützt sich somit auch nur auf das Klassifizierungssystem der IDA.

4.1 Überblick über die Zertifikate der IDA

In **Tabelle 1** werden die Kategorien der IDA kurz erläutert, um eine Abgrenzung des Zertifikats Dark Sky Park zu den anderen Zertifikaten zu ermöglichen.

Tabelle 1: Definitionen der Zertifikate der IDA basierend auf IDA (2017a)

International Dark Sky Communities:	Gemeinden, in welchen durch Anpassungen an ihrer Beleuchtung der Nachthimmel geschützt und deren Bevölkerung auf die Problematiken der Lichtverschmutzung sensibilisiert wird.
International Dark Sky Parks:	Schutzgebiete (öffentliche und private Gebiete), die durch Anpassungen an ihrer Beleuchtung den Nachthimmel schützen und für Besucher Nachtaktivitäten oder allgemein Anlässe im Zusammenhang mit der Bedeutung des dunklen Nachthimmels anbieten.
International Dark Sky Reserves:	Gebiete, die in Kernzone und Pufferzonen eingeteilt werden. Die Kernzone ist relativ zu umliegenden Gebieten besonders dunkel und wird durch Beleuchtungsregulierungen in der Pufferzone geschützt.
International Dark Sky Sanctuaries:	Besonders abgelegene und dunkle Gebiete, die besonders schutzbedürftig sind.
Dark Sky Developments of Distinction:	Gemeinden oder Teile von Gemeinden, welche in ihrer Planung aktiv den Schutz des natürlichen Nachthimmels fördern, sich aber nicht als Dark Sky Community zertifizieren lassen können.

4.2 Vergleich der Zertifikate Dark Sky Park und Dark Sky Reserve

Für den Naturpark kommen aufgrund seiner Lage, der nächtlichen Dunkelheit und den strukturellen Begebenheiten folgende Kategorien in Frage: Dark Sky Park und Dark Sky Reserve. Der Naturpark Gantisch strebt nach Absprachen mit dem Projektmanager der IDA aufgrund seiner Flächengrösse das Zertifikat Dark Sky Park an. Das Zertifikat Dark Sky Reserve wäre aufgrund struktureller Begebenheiten geeignet (Hänel, 2017), allerdings ist die Flächengrösse des Naturparks nach Vorgaben der IDA für Dark Sky Reserves zu klein (IDA, 2015b).

In **Tabelle 2** werden die Zertifikate Dark Sky Park und Dark Sky Reserve verglichen. Dieser Vergleich wird hier gemacht, da sich der Naturpark nicht aufgrund aller Kriterien der IDA in die eine oder die andere Kategorie einordnen lässt. Bei der Umsetzung des Projekts ist es allenfalls notwendig oder sinnvoll, einige Richtlinien der IDA für Dark Sky Reserves auf den Naturpark anzuwenden, um ein zielführendes Beleuchtungskonzept für die Gemeinden erarbeiten zu können.

Die Informationen in **Tabelle 2** stammen, falls nicht anders vermerkt, von den Quellen IDA (2015b) und IDA (2015a).

Tabelle 2: Vergleich der Richtlinien der IDA von Dark Sky Parks und Dark Sky Reserves

	Dark Sky Park	Dark Sky Reserve
Definition	Sowohl Dark Sky Parks als auch Dark Sky Reserves sollen einen aussergewöhnlich dunklen Nachthimmel bieten. Der Park umfasst öffentliche Flächen, darf aber auch Privateigentumsflächen miteinschliessen. In besonders dunklen Gebieten von Parks und Reserves soll es geeignete Standorte für die Beobachtung des Sternenhimmels haben. Diese sollen während der ganzen Nacht öffentlich zugänglich und gut erreichbar sein. Es handelt sich bei Dark Sky Parks und Dark Sky Reserves um Gebiete, die einen hohen Stellenwert für die Wissenschaft und die Bildung haben, die Natur schützen, kulturelle Erben enthalten und einen hohen Stellenwert für Freizeitbeschäftigungen der Bevölkerung haben.	
Ziele	Ziel von Dark Sky Parks und Dark Sky Reserves ist es, dunkle Gebiete zu identifizieren, diese zu schützen und allenfalls wiederherzustellen. Bei Dark Sky Reserves sind zusätzlich zu den unberührteren Gebieten der Kernzone auch die umliegenden Siedlungen involviert, welche sich durch ein geeignetes Beleuchtungsmanagement dem Schutz der Kernzone annehmen. Die Ziele von Dark Sky Parks und Dark Sky Reserves sind multifunktional. Zum einen sollen sie Öko- und Astrotourismus fördern, aber auch den Schutz nächtlicher Habitate und die menschliche Gesundheit. Für den Öko- und Astrotourismus werden Gebiete geschützt, welche für Nachthimmelsbeobachtungen geeignet sind. Mit der Anerkennung jedes Parks soll die internationale Anerkennung solcher Projekte gefördert werden. Ebenfalls soll sie zur Ermutigung anderer Pärke zur Zertifizierung ihres Nachthimmels führen.	
Nutzen	Mit dem Engagement eines Parks für den Schutz des Nachthimmels kann das Bewusstsein für die Thematik in der Bevölkerung (besonders in den beteiligten Gemeinden) gefördert werden.	

Eignung	Ein wichtiges Kriterium ist, dass Dark Sky Parks und die Kernzone von Dark Sky Reserves zumindest grösstenteils öffentlich zugänglich sind. Auf der ganzen Fläche von Dark Sky Parks muss ein Dunkelheitswert von mindestens 20 mag/arcsec ² erreicht werden können. Bei den Dark Sky Reserves gilt der Mindestwert von 20 mag/arcsec ² nur für die Kernzone.	
	Für Dark Sky Parks gibt es keine Minimalanforderungen für die Flächengrösse	Dark Sky Reserves müssen eine Fläche von mindestens 700 km ² aufweisen.
Zonierung	In Dark Sky Parks ist keine Zonierung vorgeschrieben, da diese Gebiete grundsätzlich nicht oder nur wenig besiedelt sind (Hänel, 2017).	Die Zonierung erfolgt in Dark Sky Reserves primär aufgrund der Besiedlungsstruktur. Es ist eine Zonierung in Kernzonen und Pufferzonen vorgesehen, wobei eine feinere Unterteilung der Pufferzonen möglich ist. Häufig wird eine Unterteilung in Kernzone, Pufferzone und Aussonzone gemacht (Hänel, 2017).

4.3 Bedeutung des Zertifikats Dark Sky Park für den Naturpark Gantrisch

Wie bereits in Kapitel 4.2 erwähnt, strebt der Naturpark das Zertifikat Dark Sky Park an. Mit seiner Besiedlungsstruktur ist der Naturpark jedoch eher ein Sonderfall (Hänel, 2017). Flächenmässig macht ein Dark Sky Park Sinn, von der Besiedlungsstruktur her jedoch eher ein Dark Sky Reserve (Hänel, 2017). Der Naturpark Gantrisch muss trotz der dichten Besiedlung flächendeckend eine Dunkelheit von gleich oder dunkler als 20 mag/arcsec² aufweisen, wohingegen ein Dark Sky Reserve diesen Wert nur in der Kernzone erreichen muss. Dieses Kriterium stellt für den Naturpark Gantrisch bei einer Zertifizierung als Dark Sky Park eine Herausforderung dar, da hohe Anforderungen an die beteiligten Gemeinden und besonders an die dicht besiedelten Gemeinden gestellt werden müssen. Diese Herausforderung erfordert ein sorgfältig erarbeitetes Beleuchtungskonzept für die Gemeinden. Aufgrund der Besiedlungsstruktur ist es sinnvoll, das Gebiet wie in einem Dark Sky Reserve in Kernzonen und Pufferzonen zu unterteilen. Die Zonierung ist eine wichtige Grundlage für ein zielführendes Beleuchtungskonzept.

Sobald die Minimalanforderungen an einen Dark Sky Park erreicht sind, wird der Park von der IDA einer der folgenden drei Ausweisungen zugeteilt: Gold, Silber oder Bronze. Diese Auszeichnungen werden in [Tabelle 3](#) erläutert. Die Tabelle basiert auf der Quelle IDA (2015a).

Auf der Karte in [Abbildung 11](#) werden die Werte für die Dunkelheit des Nachthimmels, welche in den Jahren 2016 und 2017 gemessen wurden, dargestellt. Es handelt sich dabei um Daten, die mit einem Sky Quality Meter und mit Hilfe eines Roadrunner Systems erhoben wurden (für Erklärung zum Roadrunner-System siehe Kapitel 7.2). Auf der Karte wird dargestellt, wo Werte gemessen wurden, die den Anforderungen der Kategorien Bronze, Silber und Gold entsprechen. Es wurden einige Werte im Bronze- und Silberbereich gemessen. Jedoch gibt es zwischen diesen Bereichen auch einige Lücken, in denen der Himmel auch für das Prädikat Bronze zu hell ist. Bei dem kleinen Bereich, wo Gold gemessen wurde, muss mit einem Messfehler gerechnet werden. Die Satellitendaten weisen im Gegensatz zu den SQM Werten dort kein besonders dunkles Gebiet auf.

Tabelle 3: Gold, Silber und Bronze Auszeichnungen basierend auf IDA (2015a)

	Gold	Silber	Bronze
Philosophie	Nächtliche Umgebung mit einer vernachlässigbaren Beeinträchtigung durch künstliches Licht und mit einer vernachlässigbaren Lichtverschmutzung. Aussergewöhnlich klare Sicht auf den Sternenhimmel.	Nächtliche Umgebung mit einer minimalen Beeinträchtigung durch künstliches Licht und mit einer minimalen Lichtverschmutzung. Gute Sicht auf den Sternenhimmel.	Silberanforderungen nicht erreicht. Bietet Menschen, Pflanzen und Tieren aber trotzdem Erholung von durch Licht beeinträchtigten Gebieten. Bietet Grundlage für Sensibilisierung der Bevölkerung zur Thematik
Künstliches Licht und Lichtglocken	Beobachter werden nicht durch künstliche Lichtquellen gestört. Lichtglocken sind nur schwach und nur am Horizont zu sehen.	Nachtlandschaft wird nicht durch Punkt-Lichtquellen und blendende Lichtquellen dominiert. Lichtglocken am Horizont aber ausgedehnt bis an den Zenit.	Nachtlandschaft wird mehr durch künstliches Licht dominiert als Gebiete mit Silberauszeichnung aber Aspekte eines natürlichen Nachthimmels sind trotzdem erkennbar.
Beobachtbare Himmelsphänomene	Das ganze Sortiment an sichtbaren Himmelsphänomenen kann beobachtet werden. Lichtschwache Meteore, Milchstrasse, Zodiakallicht, etc.	Helle Himmelsphänomene können regelmässig gesichtet werden. Schwächere Himmelsphänomene manchmal beobachtbar. Milchstrasse kann sowohl im Sommer als auch im Winter gesichtet werden.	Viele Himmelsphänomene sind nicht beobachtbar. Die Milchstrasse ist für den Durchschnittsbeobachter schwach sichtbar, wenn für ihn darauf gezeigt wird.
Nächtliche Umwelt	Gebiet ist frei von künstlichem Licht, das zur Desorientierung von Wildtieren führen kann. Level des künstlichen Lichts unterschreitet Grenzwert, bei dem Tiere und Pflanzen beeinträchtigt werden. Keine Veränderung nächtlicher ökologischer Prozesse durch künstliches Licht. Kein Licht auf Türmen und Gebäuden innerhalb vom Park.	Gebiete mit unbedeutendem bis moderater Erhellung des Bodens durch Lichtglocken. Licht, das zur Desorientierung von Wildtieren führen kann, ist nur in der Distanz zu sehen. Die Störung von ökologischen Prozessen und von Tieren- und Pflanzen ist klein.	Gebiete mit einer grösseren Beeinträchtigung auf nächtliche Ökosysteme als Gebiete mit Silberauszeichnung aber trotzdem noch funktionsfähig.
Visuelle Grenzgrösse	≥ 6.8 unter klarem Himmel und guten Wetterbedingungen	6.0-6.7 unter klarem Himmel und guten Wetterbedingungen	5.0-5.9 unter klarem Himmel und guten Wetterbedingungen
Bortle Sky Class	1-3	3-5	5-6
Unihedron Sky Quality Meter [mag/arcsec²]	≥ 21.75	21.74-21.00	20.99-20.00

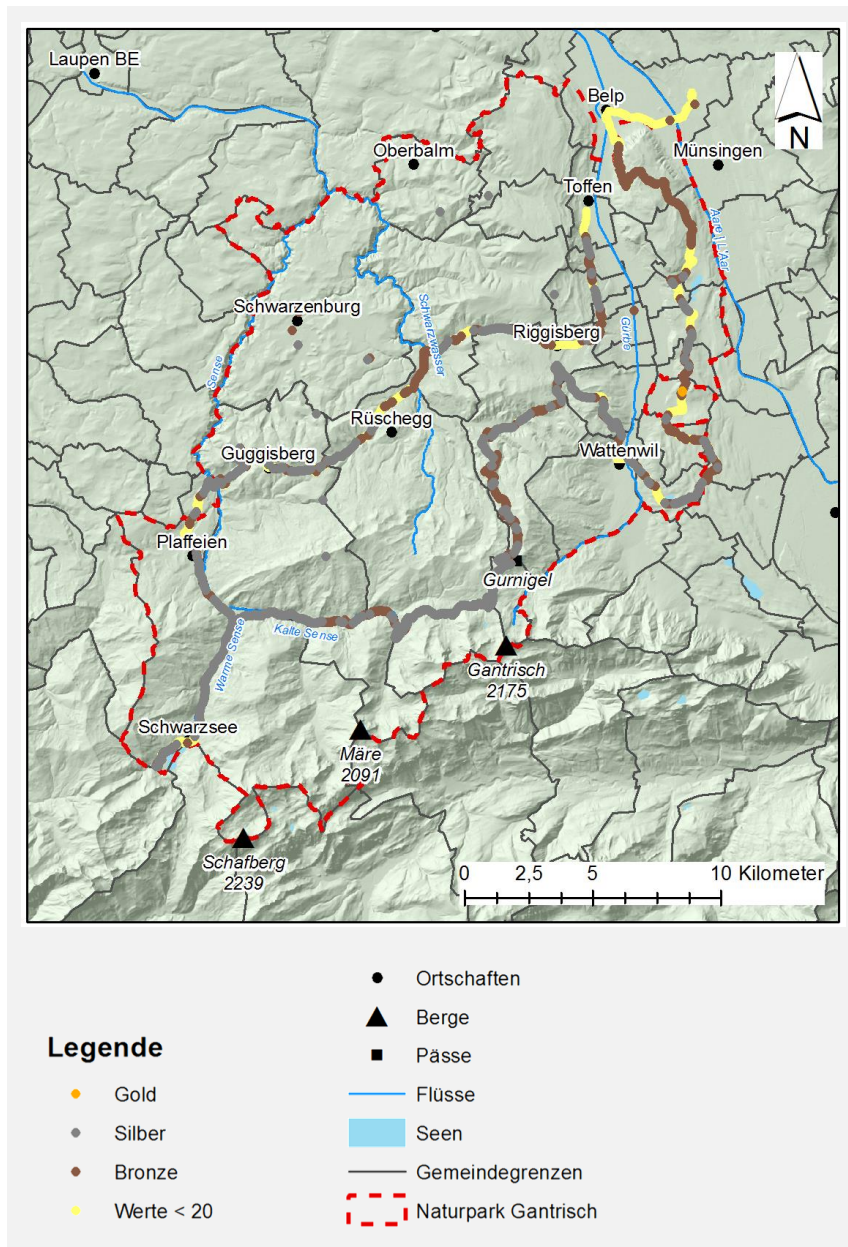


Abbildung 11: Messwerte für Gold, Silber und Bronze im Naturpark Gantrisch
(Eigene Darstellung: für Informationen zu den Geodaten siehe Anhang A1.1)

5 Vorgehen für die leitfadengestützten Experteninterviews

Da die IDA nur wenige konkrete Anforderungen an die Zonierung eines Sternenparks stellt, wurden Interviews mit Personen geführt, welche bei der Zonierung von Sternenparks beteiligt waren. Die Interviews dienten dazu herauszufinden, wie andere Sternenparks bei der Zonierung vorgegangen sind. Es wurden leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt, welche sich gemäss Nohl (2017) für die Befragung von ExpertInnen über ihr eigenes Handlungsfeld eignen. Der Leitfaden lässt einen übersichtlichen Vergleich verschiedener Interviewtexte zu (Nohl, 2017).

5.1 Auswahl der Experten

Als ExpertInnen gelten Personen, welche selbst eine Zonierung für einen Sternenpark durchgeführt haben oder aktiv an diesem Prozess beteiligt waren. Da es in der Schweiz bisher noch keine Sternenparks gibt und daher in der Schweiz auch noch keine Erfahrung in Bezug auf eine Zonierung für Nacht Dunkelheit existiert, wurde im Ausland nach ExpertInnen gesucht. In Deutschland gibt es bereits mehrere Sternenparks und es sind momentan auch weitere Parks in der Zertifizierungsphase. ExpertInnen verschiedener Sternenparks aus Deutschland wurden für Interviews angefragt. Bei den angefragten Sternenparks handelt es sich um die Kategorien Dark Sky Park und Dark Sky Reserve. Es wurde ebenfalls ein Interview mit einem Experten eines Biosphärenreservates aus Deutschland geführt, welches momentan noch in der Planungsphase zum Dark Sky Park ist. **Tabelle 4** gibt einen Überblick über die interviewten Personen.

Tabelle 4: Übersicht über die befragten ExpertInnen (geordnet nach Datum des Interviews)

Name	Funktion	Datum Interview	Länge Interview
Andreas Hänel	Präsident der Fachgruppe Dark Sky - Vereinigung der Sternenfreunde Deutschlands (nahm eine beratende Funktion bei der Erstellung mehrerer Sternenparks ein)	26.10.2017	1h
Sabine Frank	Mitarbeiterin des Sternenparks Rhön (Dark Sky Reserve) im Biosphärenreser- vat Rhön	07.11.2017	28min
Claudia Hesse	Mitarbeiterin des Sternenparks Westha- velland (Dark Sky Reserve) im Naturpark Westhavelland	08.11.2017	34min
Marcel Schäfer	Mitglied der Projektgruppe Sternenpark Pfälzerwald der Universität Kaiserslau- tern unter der Leitung von Prof. Dr. agr. Kai Tobias Betrachtet mit der Machbarkeitsstudie für einen Sternenpark (Dark Sky Park) im grenzüberschreitenden Biosphärenre- servat Naturpark Pfälzerwald	11.11.2017	1h 30min

5.2 Erstellung des Leitfadens

Mit dem Leitfaden wurden folgende Themen abgedeckt:

- Kriterien für die Zonierung eines Sterneparks
- Gewichtung dieser Kriterien
- Grenzwerte für die Nachtdunkelheit
- Verwendete Werkzeuge/Programme für die graphische Aufbereitung der Zonierung

Diese Themen wurden als Leitfragen formuliert. Zu jeder Leitfrage wurden mehrere Checkpunkte erarbeitet, anhand welcher im Verlauf des Interviews überprüft werden konnte, ob alle relevanten Informationen gegeben wurden. Der Leitfaden mit den Checkpunkten ist im Anhang A2.2 ersichtlich.

Da die Interviews nicht alle zum selben Zeitpunkt im Arbeitsprozess stattfanden und auch nicht bei allen Interviews gleichviel Zeit zur Verfügung stand, wurden nicht alle Fragen in jedem Interview gleich tief behandelt. Auch da Andreas Hänel im ersten Interview einen guten Überblick über das Vorgehen in Westhavelland und der Rhön geben konnte, war es in den Interviews mit Claudia Hesse und Sabine Frank nicht notwendig, auf alle Punkte einzugehen. Die Zeit wurde in diesen Interviews dafür genutzt vertieft einzelne Fragen zu behandeln.

5.3 Durchführung der Interviews

Die Interviewpartner wurden im Oktober per Mail kontaktiert. Bei dieser ersten Kontaktaufnahme wurde den Experten kurz das Ziel der Forschungsarbeit erläutert und sie wurden um Erlaubnis gefragt, ihnen ein kurzes Dokument mit einer Beschreibung der Bachelorarbeit zu senden (siehe Anhang A2.1). Dazu wurde gefragt, ob man sie zwei bis drei Tage später nochmals kontaktieren dürfe um zu fragen, ob sie sich die Zeit für ein Interview nehmen könnten. Die Hilfsbereitschaft aller kontaktierten Personen war sehr gross und es boten alle an, ihre Erfahrungen in einem Interview weiterzugeben. Drei der vier Interviews wurden per Skype durchgeführt. Das Interview mit Marcel Schäfer fand persönlich in Zollikerberg statt.

5.4 Auswertung der Interviews

Für die Auswertung der Interviews wurde keine Transkription und Codierung gemacht. Die Aussagen wurden pro Gebiet (nicht pro Person) ausgewertet und wurden einander gegenübergestellt. Fokussiert wurde bei der Auswertung auf die Kriterien für eine Zonierung, auf die Gewichtung dieser Kriterien und auf die räumliche Festlegung der Zonen.

6 Erste Resultate mit Bezug zum Vorgehen bei der Zonierung

Da bei Dark Sky Parks grundsätzlich keine Zonierung vorgesehen ist und dementsprechend in den Richtlinien der IDA für einen Dark Sky Park keine Zonenanforderungen definiert sind, werden in dieser Arbeit die Richtlinien der IDA für ein Dark Sky Reserve als Grundlage für die Zonierung verwendet. In Kapitel 6.1 werden die Vorgaben der IDA für die Zonierung von Dark Sky Reserves beschrieben und diskutiert. In Kapitel 6.2 werden die Ergebnisse der Experteninterviews zusammengefasst.

6.1 Hinweise zur Zonierung auf Basis der IDA-Richtlinien

Die Kernzone soll von einer Pufferzone umgeben sein, um den Schutz der Dunkelheit in der Kernzone zu gewährleisten. Für die Kernzone ist keine Mindestfläche vorgeschrieben, jedoch muss mit ihrer Flächengrösse der Zweck eines Dark Sky Reserves erfüllt werden können. Die Grenze der Kernzone darf irgendeine Form haben, folgt aber zweckmässigerweise logischen Grenzen (Gemeindegrenzen, topographischen Grenzen, Strassen, etc.). Falls die Kernzone ein öffentliches Schutzgebiet enthält, sollte dieses ganz in die Kernzone aufgenommen werden. Die Grenzen der Kernzone sollten nicht extra so gewählt werden, dass sie Gebiete, welche die Zertifizierung erschweren, ausschliessen. Die Kernzone soll grundsätzlich in einem Gebiet ohne Besiedlung oder sehr geringer Besiedlung zu liegen kommen. Ziel von Dark Sky Parks ist es, dunkle Gebiete zu identifizieren und diese zu schützen, weshalb es sinnvoll ist die Kernzone über ein Gebiet zu legen, das relativ zu anderen Gebieten im Park bereits besonders dunkel ist.

Dark Sky Parks haben viele Ziele, weshalb eine Abwägung zwischen vielen verschiedenen Kriterien notwendig ist. Zum einen sollen Dark Sky Parks Öko- und Astrotourismus fördern. Aus diesem Grund sollten Gebiete des Parks, welche gute oder besonders gute Bedingungen für astronomische Beobachtungen bieten (Kernzone), für die Öffentlichkeit zugänglich sein. Es sollte eine für astronomische Beobachtungen geeignete Infrastruktur vorhanden sein, wie z.B. Beobachtungsplätze, die mit Autos oder ÖV erreichbar sind oder Sternwarten. Ausserdem ist es von Vorteil, in der Nähe solcher Beobachtungspunkte Übernachtungsmöglichkeiten, wie z.B. Hotels zu haben. Ein weiteres Ziel von Dark Sky Parks ist es, nächtliche Habitate zu schützen. Wie in Kapitel 2.1 beschrieben wurde, kann künstliches Licht einen negativen Einfluss auf Flora und Fauna und auf ökologische Prozesse haben. Anhand vieler Forschungsberichte kann zwar aufgezeigt werden, dass Licht eine Auswirkung auf verschiedenste Organismengruppen hat, jedoch wird auch aufgezeigt, dass nicht alle Arten gleich sensitiv auf künstliches Licht reagieren. Mit der Aufnahme bestehender Schutzgebiete in die Kernzone, wie es die IDA vorschlägt, werden zwar indirekt Flora und Fauna, darunter auch viele seltene Arten, vor künstlichem Licht geschützt. Jedoch handelt es sich hierbei nicht um einen gezielten Schutz besonders lichtsensitiver Arten. Für den gezielten Schutz nächtlicher Habitate braucht es eine solide Datengrundlage zur Auswirkung künstlichen Lichts auf die im Naturpark vorkommenden Arten. Effekte und Auswirkungen künstlichen Lichts auf Arten des Naturparks Gantrisch werden momentan von Wissenschaftlern der Universität Bern erforscht. Voraussichtlich sollten im März 2018 erste Resultate vorliegen, die dann in einer Zonierung berücksichtigt werden können.

6.2 Hinweise zur Zonierung auf Basis der Experten-Interviews

Die Experteninterviews geben einen Überblick über mögliche Vorgehensweisen bei der Zonierung eines Sterneparks. Die Vorgehensweisen der Sternepärke weisen einige Differenzen auf. Dies lag hauptsächlich an den verschiedenen Begebenheiten (Lage der Schutzgebiete, Besiedlungsstruktur etc.). Folgend werden die wichtigsten Informationen aus den Interviews extrahiert.

Kriterien für die Zonierung:

Sternenpark Westhavelland (bestehendes Dark Sky Reserve)

Im Sternenpark Westhavelland wurden die Zonen E0 (Kernzone), E1 (Pufferzone) und E2 (Aussenzone) erstellt.

Das wichtigste Kriterium für die Kernzone war die Dunkelheit. Es wurde gemessen, wo es dunkel ist, mit dem Ziel, eine zusammenhängende Fläche mit geringer Himmelselligkeit und ohne öffentlicher Beleuchtung zu finden. Es wurde darauf geachtet, dass die Siedlungen so weit weg sind, dass deren Beleuchtung nicht in die Kernzone strahlt. Für die Dunkelheit wurden keine Grenzwerte definiert, da die Messungen durch die Wetterabhängigkeit und atmosphärischen Bedingungen stark variieren. Schutzgebiete sind in Westhavelland über die ganze Fläche verstreut. Durch diese weit verstreuten und oftmals nicht zusammenhängenden Flächen war eine Orientierung der Kernzone an Schutzgebieten nicht möglich.

Die Fachpersonen haben die Gemeinden besucht und die Beleuchtungsrichtlinien vorgestellt. In den Gemeinden wurde beschlossen, ob sie den Sternenpark unterstützen. Auf dieser Grundlage wurde die Zone E1 entwickelt. Man orientierte sich bei der Grenze von Zone E1 zu E2 grundsätzlich an administrativen Grenzen. Zusätzlich wurde darauf geachtet, welche Flächen Privateigentum sind und welche nicht. Grundsätzlich lassen sich Massnahmen auf staatlichem Eigentum einfacher umsetzen. Die Gemeinden müssen dem Sternenparkprojekt zustimmen, damit sich die Beleuchtung regeln lässt. Für private Beleuchtungen können sie nur Empfehlungen geben (z.B. über Bauämter).

Sternenpark Rhön (bestehendes Dark Sky Reserve)

Im Sternenpark Rhön wurden wie im Sternenpark Westhavelland die Zonen E0, E1 und E2 festgelegt.

Die Kernzone ist ein Gebiet mit nahezu natürlicher Dunkelheit und die Pufferzone schliesst mit einem Gürtel von 5-10 Kilometer Breite direkt an die Kernzone an. Zur Identifizierung dunkler Gebiete wurden Messungen der Himmelselligkeit gemacht (SQM Messungen). Variationen durch unterschiedliche Messzeitpunkte und unterschiedliche Jahreszeiten wurden identifiziert und korrigiert. Für die Definierung der Kernzone hat man anhand von SQM Messungen und Satellitendaten besonders dunkle Gebiete identifiziert und Gebiete ausgeschieden, die besonders schön und unberührt sind. Dementsprechend wurden für die Kernzone Gebiete ausgewählt, welche eine sehr geringe Besiedlung aufweisen. Die verschiedenen Kriterien stimmten recht gut überein. So lagen in den Gebieten mit dem dunkelsten Nachthimmel auch bereits bestehende Schutzgebiete. Ein Grossteil der Grenzen der Kernzone liegt auf den äusseren Grenzen der Pufferzone des Biosphärenreservates. Weitere Grenzbereiche liegen auf den Grenzen von anderen rechtlich festgehaltenen Schutzgebieten, wie zum Beispiel auf Gebieten der Fauna-Flora-Habitatsrichtlinie oder auf Gebieten, in welchen die Vogelschutzrichtlinie der EU gilt. Ein weiteres Kriterium war, dass die Kernzone erreichbar und zugänglich sein soll. Es wurde darauf geachtet, dass es in der Kernzone geeignete Plätze für astronomische Beobachtungen gibt. Daraus entstanden letztendlich drei Kernzonen, wobei das Ziel ist, dass diese Zonen langfristig zu einer grossen Kernzone verschmelzen. Wie in Westhavelland wurde aus denselben Gründen für die Himmelselligkeit keine Grenzwerte definiert.

Die Gemeinden befinden sich in der Puffer- und Aussenzone. Die Grenze von Pufferzone zu Aussenzone wurde entlang administrativer Grenzen definiert.

Sternenpark Pfälzerwald (in Zertifizierungsphase zum Dark Sky Park)

Der Sternenpark Pfälzerwald soll wie in der Rhön und in Westhavelland in Kernzone (E0), Pufferzone (E1) und Aussenzone (E2) gegliedert werden.

Die Kernzone soll eine nahezu natürliche Dunkelheit aufweisen. Die Pufferzone umschließt die gesamte Kernzone und soll einen Gürtel von 5-10 Kilometer bilden. Die Aussenzone grenzt an die Pufferzone und soll das gesamte übrige Biosphärenreservat umfassen. Grundlage für die Zonierung bilden Gebiete mit nahezu natürlichen Nachtlandschaften und ökologisch wertvollen nächtlichen Habitaten.

Die Zonen wurden anhand mehrerer Stufen ermittelt. Mit einer Restriktionsanalyse wurden anhand ausgewählter Kriterien erste Erkenntnisse für eine mögliche Zonierung gewonnen. Einerseits wurden Siedlungsbereiche und Wohngebäude in der Aussenzone berücksichtigt. Andererseits wurden verschiedene Schutzgebiete, wie Naturschutzgebiete, Vogelschutzgebiete, Wildtierkorridore, Biotopverbundgebiete, Wasserschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete, geschützte Waldgebiete und historische Kulturlandschaften berücksichtigt. Die potentiell möglichen Gebiete wurden mit geeigneten Gebieten für astronomische Beobachtungen (oft ehemalige Militärnutzungsflächen) überlagert, welche anhand einer Machbarkeitsstudie ermittelt wurden. Danach wurden die ermittelten Potenzialflächen durch die administrative Einteilung des Pfälzerwaldes (in Staatsforst, Gemeindeforst und Privatwald) sowie landesweit bedeutsamen historischen Kulturlandschaften weiter angepasst. In einem letzten Schritt wurden Eignungskriterien zur Bewertung potenzieller Flächen herangezogen (z.B. Verkehrsinfrastruktur, Geländeuntergrund und -neigung und touristische Ausflugsziele).

Gewichtung der Kriterien:

Zur Gewichtung der Kriterien lässt sich schwer eine Aussage aus den Interviews extrahieren. In Westhavelland und der Rhön war dies eher eine Abwägung der Begebenheiten vor Ort. Hierzu wurde in der Rhön in der Nacht viele Daten erhoben (Kartierung und Beschreibung der öffentlichen Beleuchtung, Fotoaufnahmen etc.) und anhand dieser Beobachtungen und Daten wurden auf der Karte die Zonen eingezeichnet. Sabine Frank wies darauf hin, dass eine Zonierung ohnehin ein sehr theoretisches Konzept sei und es für das Licht keine Grenzen gebe. Grenzen gebe es auf dem Boden und im Kopf, aber nicht fürs Licht.

Räumliche Festlegung der Zonen:

Je nach zur Verfügung stehenden Mitteln wurde bei der räumlichen Festlegung der Zonen verschieden vorgegangen. Im Sternenpark Westhavelland wurden die Zonen mit ArcView aufbereitet, im Sternenpark Rhön wurden die Zonen (zu einem Grossteil direkt auf Feldbegehungen) auf Google Maps eingezeichnet. Für den Sternenpark Pfälzerwald wurden die Zonen mithilfe von ArcGIS gezeichnet.

7 Vorgehen bei der Zonierung

Da der Naturpark Gantrisch flächenmässig deutlich kleiner ist als ein Dark Sky Reserve, lässt es sich überlegen, im Gegensatz zu den Sternepärken in Deutschland, anstatt zwei Pufferzonen nur eine zu definieren. Diesbezüglich hat sich der Naturpark kürzlich mit dem Projektmanager der IDA ausgetauscht mit dem Ergebnis, dass dies vermutlich eine gute Lösung sei. Deshalb wird in dieser Arbeit auf die Definierung einer zweiten Pufferzone verzichtet. Die zwei Zonen – die Kernzone und die Pufferzone – werden anhand von Kriterien für die Kernzone definiert. Dies bedeutet, dass Gebiete, welche durch Verwendung dieser Kriterien nicht in die Kernzone zu liegen kommen, der Pufferzone zugewiesen werden.

7.1 Kriterien für den Naturpark Gantrisch

Grundsätzlich wurde bei der Zonierung aller drei Sternepärke in Deutschland ähnlich vorgegangen. In einem ersten Schritt wurden dunkle Gebiete identifiziert. Danach wurden in diesen dunklen Regionen die besonders schwach besiedelten Gebiete ausgeschieden. Beim Sternepark Rhön und im Pfälzerwald orientierte man sich für die Lage der Kernzone zusätzlich an bestehenden Schutzgebieten, was im Sternepark Westhavelland durch deren Verteilung nicht gut möglich war. In Westhavelland und in der Rhön wurden keine Grenzwerte für die Dunkelheit definiert, da die Unterschiede zu klein waren und die Messwerte zum Beispiel durch Bewölkung zu ungenau sind.

Da im Naturpark Gantrisch anhand von Satellitendaten ein sehr deutlicher Dunkelheitsgradient von Gebieten ausserhalb des Parks zum Inneren des Parks zu erkennen ist, wird hier eine Einteilung der Dunkelheit von den hellsten Gebieten zu den dunkelsten Gebieten des Parks vorgenommen. Bestehende Schutzgebiete werden wie auch in der Rhön und in der Pfalz berücksichtigt.

Auf Basis der IDA Richtlinien und dem Vorgehen bei der Zonierung der Sternepärke aus Deutschland wurde folgendes Vorgehen, das in [Abbildung 12](#) veranschaulicht wird, für die Zonierung gewählt.

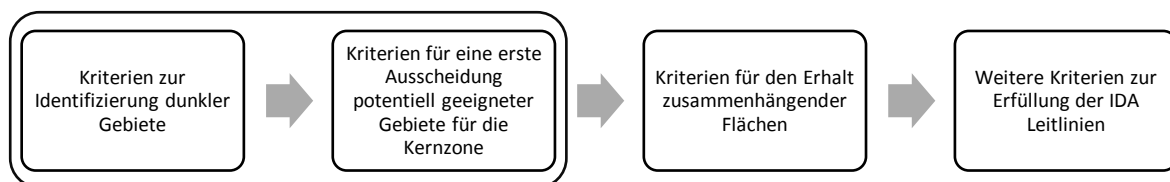


Abbildung 12: Kategorien für Zonierungskriterien und deren Bedeutung im Zonierungsprozess

In einem ersten Schritt werden dunkle Gebiete des Parks identifiziert. Danach wird anhand weiterer Kriterien eine erste Ausscheidung potentieller Gebiete für die Kernzone gemacht. Da diese potentiellen Gebiete nicht zwingend eine einzige Fläche bilden, sondern im Raum verteilt liegen, werden diese anhand logischer Merkmale zusammengeführt, sodass daraus nur eine Kernzone resultiert. Abschliessend wird anhand weiterer Kriterien geprüft, ob mit dieser Kernzone die Ziele der IDA eines Dark Sky Parks erfüllt sind. Falls dies nicht der Fall ist, wird abgewogen, welche Gebiete allenfalls mit in die Kernzone aufgenommen und welche ausgeschlossen werden sollten.

Kriterien zur Identifizierung dunkler Gebiete:Aktuelle Messwerte für die Dunkelheit

Im Naturpark Gantrisch ist ein deutlicher Gradient der Nachtdunkelheit vom Süden des Parks in Richtung Norden zur Stadt Bern hin erkennbar. Somit können anhand von Nacht-Satellitendaten und Messungen der Himmelselligkeit besonders dunkle Gebiete identifiziert werden.

Siedlungsdichte

Die Kernzone sollte in einem Gebiet mit möglichst wenigen Gebäuden liegen, da aus den Gebäuden häufig Licht emittiert wird.

Kriterien für eine erste Ausscheidung potentiell geeigneter Gebiete für eine Kernzone:Bestehende Schutzgebiete

Wenn es von der räumlichen Lage der Schutzgebiete her möglich oder sinnvoll ist, sollten diese von der Kernzone mit eingeschlossen werden.

Schützenswerte Lebensräume

Soweit es die Datengrundlage zulässt, sollen Habitate lichtsensitiver Arten berücksichtigt werden. Diese sollen, falls es von ihrer räumlichen Lage her möglich ist, in die Kernzone miteingeschlossen werden.

Kriterien für den Erhalt zusammenhängender Flächen:Administrative Grenzen

Um eine zusammenhängende Fläche für die Kernzone zu erhalten, können administrative Grenzen, wie z.B. Gemeindegrenzen, verwendet werden. Dies sollte den Gemeinden die Umsetzung eines Beleuchtungskonzepts erleichtern, da sie somit nur der einen oder anderen Zone zugeordnet werden.

Topografie

Falls die Orientierung an Gemeindegrenzen nicht überall sinnvoll ist, können allenfalls auch topographische Linien, wie z.B. Gebirgsketten, verwendet werden. Bei einer Orientierung an Flussläufen muss gemäss Hale (2017) aufgepasst werden, da diese Hotspots lichtsensitiver Arten sein können. Falls die Grenze sich an einem Flusslauf orientieren soll, sollte eine aus ökologischer Sicht sinnvolle Pufferdistanz um das Gewässer gewählt werden.

Anthropogene Grenzen

Nebst administrativen- und topografischen Grenzen kann man sich beim Verbinden von Gebieten, die für eine Kernzone geeignet sind, auch an anthropogenen Grenzen, wie z.B. dem Verlauf von Strassen oder Eisenbahnlinien orientieren.

Weitere Kriterien zur Erfüllung der IDA Richtlinien:Zugänglichkeit

Da Sternepärke unter anderem zum Ziel haben, den Astrotourismus zu fördern, sollte die Kernzone grösstenteils öffentlich zugänglich sein und geeignete Plätze für die Beobachtung des Sternenhimmels, wie zum Beispiel Parkplätze, bieten.

Tourismus/Besucherlenkung

Es ist sinnvoll, wenn in der Kernzone bereits touristische Angebote existieren, damit die Touristen nicht nur für das Nachtangebot in diese Region gelenkt werden müssen. Somit lassen sich Tagaktivitäten mit Nachtaktivitäten kombinieren.

7.2 Verwendete Geodaten

Folgend werden die wichtigsten Geodatenätze, welche für eine Zonierung für die Nachtdunkelheit im Naturpark Gantrisch verwendet werden, beschrieben. Datensätze des Topografischen Landschaftsmodells TLM (Vektordaten), das digitale Höhenmodell (Rasterdaten), Kantons- und Gemeindegrenzen (Vektordaten) werden in diesem Kapitel nicht beschrieben, lassen sich jedoch dem Geodatenverzeichnis (siehe Anhang A1.1) entnehmen. Die folgend beschriebenen Datensätze der Schutzgebiete werden in Anhang A1.5 dargestellt.

Nacht-Satellitendaten

Datentyp: Rasterdaten

Datenquelle: Bei den verwendeten Satellitendaten handelt es sich um ein Produkt des Monitoringprogramms «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES), welches von der Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) erarbeitet wurde. Dafür wurden Nachtsatellitenbilder des *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP) verwendet. Vom National Geophysical Data Center (NGDC) wurden Störeffekte durch den Sonnenstand, Blendung, Mondlicht und Wolken ausgeschlossen (Weiss & Kienast, 2012).

Datenbeschreibung: Die Satellitendaten weisen eine Rastergrösse von 1 km² auf und sind eine Auswertung aus den Jahren 2010-2012. Die Auswertungsdaten liegen als Strahlungsdichte (engl. Radiance) vor. Die Einheit ist Watt pro Quadratmeter und pro Steradian. Werte von 0-5 entsprechen einer natürlichen Nachtdunkelheit, Werte grösser als 360.1 sind in sehr hellen Gebieten, häufig in Städten, zu finden (Weiss & Kienast, 2012).

Relevanz für den Naturpark: Die Satellitendaten zeigen an, wie viel Strahlung von künstlichen Lichtquellen in die Atmosphäre gelangt. Anhand dieser Daten können dunkle Gebiete im Naturpark Gantrisch identifiziert werden.

SQM Daten

Datentyp: Vektordaten, Punkte

Datenquelle: Die SQM Messungen wurden vom Förderverein Region Gantrisch erhoben.

Datenbeschreibung: Die Daten liefern einen Wert für die Himmelshelligkeit in Magnituden pro Quadratbogensekunden (mag/arcsec²). Einige Messungen wurden von Hand mit einem SQM Messgerät an verschiedenen Standorten des Naturparks erhoben. Zusätzlich wurden Messungen mit einem «Roadrunner» System – einem SQM Messgerät auf dem Autodach und einem GPS Tracer gemacht. Das Messgerät wird zum Zenit hin ausgerichtet. Die Himmelshelligkeit und die Position werden gleichzeitig erfasst und gespeichert. Die Auswertung erfolgt mit einem Programm, das von Daniel Rosa Infantes von der Malaga Astronomical Society entwickelt wurde (Infantes, 2015). Diese Messmethode ist sehr effizient, da viele Messwerte in kurzer Zeit erhoben werden können. Die Messungen beschränken sich jedoch auf ausgewählte Strassenzüge, wodurch systembedingt keine flächendeckende und systematische Daten resultieren.

Relevanz für den Naturpark: Diese SQM Messungen geben zusätzlich zu den Satellitendaten einen Aufschluss über die Dunkelheit eines Gebietes.

Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler BLN

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: In dieses Inventar werden für die Schweiz einzigartige oder für einen Teilbereich der Schweiz typische Landschaften und Naturdenkmäler aufgenommen. Durch die Aufnahme ins Inventar werden diese Objekte zu deren Erhalt geschützt und geschont (BAFU, 2017e).

Relevanz für den Naturpark: Im Naturpark Gantrisch wurde eine Fläche von rund 7'000 ha ins BLN aufgenommen. Es handelt sich dabei um die Region Schwarzenburgerland mit den Flüssen Sense und Schwarzwasser, die von tiefen Schluchten mit intakten Flusssauen, charakteristischen und gefährdeten Pflanzen- und Tierarten und einer historischen Kulturlandschaft geprägt wird. Mit der Aufnahme dieses Gebietes ins Inventar soll unter anderem erreicht werden, dass die Ruhe und Ungestörtheit der naturnahen Lebensräume erhalten bleibt (BAFU, 2017f).

Da künstliche Lichtquellen die Ungestörtheit naturnaher Lebensräume durchbrechen können, wird diese Schutzgebietsfläche bei der Zonierung berücksichtigt.

Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Viele in der Schweiz lebende Amphibienarten stehen auf der roten Liste. Für Amphibien wichtige Lebensräume schrumpften in den letzten 100 Jahren massiv. Die kantonal bekannten Laichgebiete wurden nach den Kriterien Artenzusammensetzung, Seltenheit der Arten und Populationsgrösse bewertet (BAFU, 2017a).

Relevanz für den Naturpark: Künstliches Licht kann Auswirkungen auf das Verhalten und die Reproduktion von Amphibien haben, wobei die Effekte je nach Art unterschiedlich sind. Da es sich bei diesem Datensatz um Habitate besonders schützenswerter Amphibien handelt, wird dieser in der Zonierung berücksichtigt.

Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Die naturnahen Landschaften mit Mooren sind ein wichtiger Lebensraum für verschiedene (insbesondere auch seltene) Tier- und Pflanzenarten. Mit der Rothenthurm-Initiative im Jahr 1987 erhielt der Schutz der Moore eine zentrale Bedeutung. Wertvolle Lebensräume, wie zum Beispiel Moorbiotope und standorttypische Waldbestände der inventarisierten Gebiete sollen erhalten und gefördert werden. Moore werden ins Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung aufgenommen, falls die Art des Moores einmalig ist oder zu einer besonders wertvollen Gruppe vergleichbarer Moore gehört (BAFU, 2017g).

Relevanz für den Naturpark: Die Moorlandschaft Gurnigel/Gantrisch befindet sich im Herzen des Naturparks mit einer Fläche von rund 4'500 ha. Die Landschaft wird durch ein Netzwerk von Hoch- und Flachmooren geprägt. In der Moorlandschaft ist eine grosse Vielfalt an Tieren und Pflanzen zu finden, darunter auch einige vom Aussterben bedrohte Arten. Der Tourismus hat in dieser Region eine wichtige wirtschaftliche und kulturhistorische Bedeutung und ist dementsprechend mit touristischen Anlagen ausgerüstet (z.B. Wanderwege, Gaststätten, Skilifte, Kurbetriebe). Die Moorlandschaft wird von einer Staatsstrasse durchquert (BAFU, 2017g).

Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Hochmoore sind sehr empfindliche Lebensräume und befinden sich stark im Rückgang. In inventarisierten Gebieten sollen bestehende Beeinträchtigungen so gut wie möglich rückgängig gemacht oder gemildert werden. Gebiete werden aufgrund ihres Pflanzenbestandes ins Inventar aufgenommen (BAFU, 2017d).

Relevanz für den Naturpark: Im Naturpark befinden sich im Bereich der Moorlandschaft Gurnigel/Gantrisch einige Hochmoorflächen.

Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Wie auch die Hochmoore sind Flachmoore stark im Rückgang. Sie sind ebenfalls Lebensraum gefährdeter Tier- und Pflanzenarten und sind ausserdem Überreste der ursprünglichen Natur- und Kulturlandschaft. Die Aufnahme eines Objekts ins Inventar hat zum Ziel das Flachmoor ungeschmälert zu erhalten. Kriterium für die Aufnahme ins Inventar ist eine Mindestgrösse von 1 ha Fläche und eine Mindestpunktzahl auf einer Bewertungsskala für die gute Erhaltung des Moores (BAFU, 2017c).

Relevanz für den Naturpark: Die inventarisierten Flachmoore beschränken sich im Naturpark, wie die Hochmoore, hauptsächlich auf die Moorlandschaft Gurnigel/Gantrisch aber es gibt vereinzelt auch inventarisierte Flachmoore ausserhalb dieses Bereiches.

Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Immer mehr Auenlandschaften gehen durch die Nutzung unserer Landschaft verloren. Ziel dieses Inventars ist es, die auentypische Pflanzen- und Tierwelt zu erhalten und die natürliche Dynamik von Wasser und Geschiebe wiederherzustellen (BAFU, 2017b).

Relevanz für den Naturpark: Im Naturpark befinden sich an der Sense, dem Schwarzwasser und der Aare mehrere Auengebiete.

Smaragdgebiete

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: In Smaragdgebieten sollen in der Berner Konvention aufgelistete Lebensräume, sowie gefährdete Pflanzen- und Tierarten geschützt werden. Es handelt sich dabei um ein gesamteuropäisches Netzwerk. Den Smaragd-Status erhalten Regionen, welche so genannte Smaragd-Lebensräume und/oder Smaragdarten gemäss Berner Konvention enthalten (BAFU, 2014).

Relevanz für den Naturpark: An der nordöstlichen Grenze des Naturparks (an der Aare) befindet sich ein Smaragdgebiet, das sich grösstenteils mit dem Auengebiet Belper Giessen (von nationaler Bedeutung) überschneidet und umfasst zugleich eine Moorlandschaft nationaler Bedeutung, ein Flachmoor und Amphibienlaichgebiete. Die Sumpfschildkröte, eine in der Schweiz vom Aussterben bedrohte Art, wurde dort gesichtet. Das Gebiet bietet ausserdem ein Lebensraum für 27 Vogelarten, die Bechsteinfledermaus, zehn Amphibienarten und weist eine grosse Pflanzenvielfalt auf (BAFU, 2012b).

Wildtierkorridore

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Für Wildtiere ist es wichtig, je nach Saison unterschiedliche Bereiche ihres Lebensraums nutzen zu können. Durch Siedlungen und Verkehrsachsen werden Wildtierkorridore stark beeinträchtigt. Für die Visualisierung des schweizweiten Vernetzungssystems wurden kantonal und auch überregional bestehende Wildtierkorridore erfasst und bewertet (BAFU, 2013b).

Relevanz für den Naturpark: Im Naturpark gibt es einige überregionale Wildtierkorridore, die es zu schützen gilt. Da jedoch in Bezug auf Wildtiere nur wenig über die Barrierewirkung durch künstliches Licht bekannt ist (BUWAL, 2001), wird diesem Datensatz nicht dieselbe Bedeutung wie gesetzlich verankerten Schutzgebieten beigemessen.

Fliessgewässerabschnitte mit hoher Artenvielfalt oder national prioritären Arten

Datentyp: Vektordaten, Fläche

Datenquelle: BAFU

Datenbeschreibung: Die Artenvielfalt wurde an jedem Fliessgewässerabschnitt anhand der vorkommenden Arten ermittelt. Gewässerabschnitte wurden als Biodiversitätshotspots definiert, wenn besonders viele national prioritäre Arten vorkommen oder wenn sie eine hohe Biodiversität aufweisen. Somit

sind Biodiversitätshotspots Indikator dafür, ob ein Fließgewässerabschnitt ökologisch wichtig ist (BAFU, 2013a).

Relevanz für den Naturpark: Für die Berücksichtigung bei der Zonierung sind die Biodiversitätshotspots an Fließgewässern nur ein sehr grober Indikator. Anhand dieses Datensatzes weiss man nicht, wie lichtsensitiv die entsprechenden Arten sind. Es ist zwar bekannt, dass viele aquatische Insekten aber auch einige Vogelarten und Fischarten sehr empfindlich auf Licht reagieren, jedoch ist dies sehr artabhängig. Die Berücksichtigung dieses Datensatzes ist somit nur eine sehr grobe Annäherung an die Realität.

Vogelzuggebiete

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: Ökologe James Hale, Universität Bern

Datenbeschreibung: Bei diesem Datensatz ist zu betonen, dass es sich nicht um wissenschaftlich abgestützte Daten handelt. Der Datensatz wurde lediglich anhand von Gesprächen mit der lokalen Bevölkerung erstellt.

Relevanz für den Naturpark: Lichtemissionen auf der Erdoberfläche können zur Desorientierung von Vögeln führen. Über der Wasserscheide in der Nähe vom Gurnigelpass werden besonders viele Vogelzüge beobachtet. Ausserdem befindet sich im Einzugsgebiet der Kalten Sense und der Gürbe ein IBA (Important Bird and Biodiversity Area) Gebiet (BirdLife Schweiz, 2017). Deshalb ist es sinnvoll, dieses für Vögel bedeutende Gebiet in der Zonierung zu berücksichtigen.

Weitere Schutzgebiete

Datentyp: Vektordaten, Flächen

Datenquelle: Kanton Bern und Kanton Fribourg

Datenbeschreibung: Hierbei handelt es sich um Schutzgebiete kantonaler Bedeutung und zwar um Datensätze zu Wildschutzgebieten, Naturschutzgebieten, Flachmooren, Auen und Amphibienlaichgebieten.

Relevanz für den Naturpark: Rechtlich gesehen befinden sich diese Schutzgebiete auf einer anderen Ebene als die Schutzgebiete der Bundesinventare. Trotzdem geben alle Datensätze Aufschluss über ökologisch wertvolle Gebiete.

Daten zu Aktivitäten, Sehenswürdigkeiten und Infrastrukturen im Naturpark Gantrisch

Datentyp: Vektordaten, Punkte und Linien

Datenquelle: Förderverein Region Gantrisch FRG

Datenbeschreibung: Diese Datensätze beinhalten Informationen zu Aktivitäten im Sommer und im Winter (Wanderwege, Langlaufloipen, Skilifte, Unterkünfte, Restaurants etc.)

Relevanz für den Naturpark: Da ein Ziel von Sternenpark die Förderung von Öko- und Astrotourismus ist, sollte die Kernzone ein attraktives touristisches Ausflugsziel sein. Es ist von Vorteil, wenn Touristen dieses Gebiet auch für Tagaktivitäten aufsuchen.

7.3 Vorgehen bei der Umsetzung in ArcGIS Desktop der Firma ESRI

In den folgenden fünf Unterkapiteln werden die Vorgehensschritte in ArcGIS erläutert. Zuerst wird beschrieben, wie die Daten aufbereitet wurden. In den zwei darauffolgenden Kapiteln geht es um die Erstellung von Karten, welche die Eignung von Gebieten für die Kernzone aufzeigen. Diese Schritte werden im Anhang A1.2 anhand einer Grafik (aus dem Modelbuilder von ArcGIS Desktop) veranschaulicht. Danach wird erläutert, wie aus den aufbereiteten Datensätzen die Kernzone erstellt wurde. Im letzten Unterkapitel wird beschrieben, wie die resultierende Kernzone auf den Zweck eines IDA Dark Sky Parks validiert wurde.

7.3.1 Aufbereitung der Daten

Es wurde im neuen Schweizer Koordinatensystem (CH1903+ LV95) gearbeitet, in welches zu Beginn alle Datensätze umgewandelt wurden. Die Originaldatensätze, welche schweizweit vorlagen, wurden auf das Gantrischgebiet mit einem Puffer von 25 Kilometern zugeschnitten.

Alle Vektordatensätze von Schutzgebieten wurden in Rasterdatensätze mit einer Zellengrösse von fünf Metern umgewandelt. In jedem dieser Rasterdatensätze wurde den Zellen, welche im jeweiligen Schutzgebiet liegen, den Wert 1 zugeordnet. Den Zellen, welche nicht in einem Schutzgebiet liegen, wurde der Wert 0 zugeordnet.

Den Rasterzellen des Satellitendatensatzes wurden Werte von 0 bis 9 zugeordnet. Den Wert 9 erhalten Gebiete, welche relativ zu anderen Gebieten im Park besonders dunkel sind, den Wert 0 erhalten besonders helle Gebiete. Die Reklassifizierung wurde wie in **Tabelle 5** beschrieben, vorgenommen.

Tabelle 5: Reklassifizierung der Satellitendaten

Werte des Originaldatensatzes in Radiance [W·sr ⁻¹ ·m ⁻²]	Neue Werte
0-5	9
5-10	8
10-20	7
23-30	6
30-40	5
40-50	4
50-60	3
60-70	2
70-90	1
90-492	0

Der Gebäudedatensatz des topographischen Landschaftsmodells (Vektordaten, Flächen) wurde in einen Punktdatensatz umgewandelt. Mit der Funktion *Point Density* wurde daraus ein Rasterdatensatz mit Informationen zur Gebäudedichte generiert. Bei der Anwendung dieses Werkzeugs wurde ein

Raster (Zellgrösse = 5 Meter) über den Punktdatensatz gelegt. Für jede Zelle wurde berechnet, wie viele Gebäude sich in einem Umkreis von 1 Kilometer Radius um den Zellmittelpunkt befinden. Die Gebäudedichte wird für jede Zelle als Gebäude pro Quadratkilometer angegeben. Den Rasterzellen dieses neuen Datensatzes wurden wie bei den Satellitendaten Werte von 0 bis 9 zugeordnet. Zellen in deren Umkreis (Radius = 1 Kilometer) sich keine Gebäude befinden, erhalten den Wert 9. Zellen, in deren Umkreis sich relativ zu anderen Gebieten im Park sehr viele Gebäude befinden, erhalten den Wert 0. Die Reklassifizierung wurde wie in **Tabelle 6** beschrieben, vorgenommen.

Tabelle 6: Reklassifizierung des Rasterdatensatzes der Gebäudedichte

Werte des Original- datensatzes [Anzahl Gebäude]	Neue Werte
0	9
0-5	8
5-10	7
10-50	6
50-100	5
100-150	4
150-200	3
200-350	2
350-500	1
500-8372	0

7.3.2 Eignung von Gebieten für eine Kernzone ohne Gewichtung von Kriterien

Es wurden verschiedene Karten erstellt, die unter Berücksichtigung unterschiedlicher Aspekte die Eignung von Gebieten für eine Kernzone darstellen.

1) Darstellung der Dunkelheit:

Hierfür wurde der Rasterdatensatz mit den Werten 0 bis 9 verwendet, welcher auf Basis der Satellitendaten erstellt wurde.

2) Darstellung der Gebäudedichte:

Hierfür wurde der Rasterdatensatz mit den Werten 0 bis 9 verwendet, welcher auf Basis des Gebäudedatensatzes erstellt wurde.

3) Darstellung ökologisch wertvoller Lebensräume:

Alle Rasterdatensätze von Schutzgebieten mit ökologischer Bedeutung (mit Werten 0 und 1) wurden addiert. Zur Darstellung des resultierenden Datensatzes erhielten Zellen ohne Schutzgebiete den Wert 0, Zellen mit einem Schutzgebiet den Wert 1, Zellen mit Überlagerung zweier Schutzgebiete den Wert 2, Zellen mit Überlagerung dreier Schutzgebiete den Wert 3 und Zellen mit Überlagerung von vier oder mehr Schutzgebieten den Wert 4.

4) Darstellung bestehender Schutzgebiete:

Alle Rasterdatensätze bestehender Schutzgebiete (mit Werten 0 und 1) wurden addiert. Der resultierende Datensatz wurde nach demselben Prinzip wie der Datensatz unter Punkt 3 dargestellt. Zellen ohne bestehende Schutzgebiete erhielten den Wert 0, Zellen mit einem bestehenden Schutzgebiet den Wert 1, usw. Zellen mit vier oder mehr Schutzgebieten erhalten den Wert 4.

7.3.3 Eignung von Gebieten für eine Kernzone mit Gewichtung von Kriterien

Unter Berücksichtigung aller Aspekte (Dunkelheit, Gebäudedichte, bestehende Schutzgebiete, ökologisch wertvolle Lebensräume) ist es sinnvoll, eine Gewichtung vorzunehmen, da nicht allen Datensätzen dieselbe Bedeutung verliehen werden kann. Zum Beispiel haben Datensätze mit Schutzgebieten auf Bundesebene eine andere Bedeutung als Datensätze mit Hinweisen auf ökologisch wertvolle Lebensräume, die aber nicht gesetzlich verankert sind. Folgend wurde ein Vorschlag für die Gewichtung der verwendeten Datensätze erarbeitet. Anhand dieser Gewichtung wurde eine Karte erstellt, welche die Eignung für eine Kernzone unter Berücksichtigung aller Datensätze darstellt.

Die Zellen der Rasterdatensätze mit den Schutzgebieten enthalten jeweils den Wert 0 oder 1. Jeder dieser Datensätze wurde aufgrund der im folgenden Abschnitt erklärten Überlegungen mit einer Gewichtung von 1, 2 oder 3 versehen. Die Datensätze wurden mit der entsprechenden Gewichtung multipliziert und addiert. Zur Veranschaulichung wird in der grauen Box (Abbildung 13) ein vereinfachtes Beispiel dargestellt.

Beispiel:

$$3 \times \text{BI_Moorlandschaften} + 2 \times \text{KtBE_Wildschutzgebiete} + 1 \times \text{Vogelzuggebiete} = \text{Output}$$

3	×	1	0	1	+	2	×	0	0	0	+	1	×	1	1	1	=	4	1	4
		1	0	0				0	0	0				0	3	0		1		
		1	1	0				1	0	0				6	3	0				

1, 2 und 3: Gewichtungen

Die Rasterzellen der Datensätze **BI_Moorlandschaften**, **KtBE_Wildschutzgebiete** und **Vogelzuggebiete** beinhalten jeweils den Wert 0 oder 1. 0 bedeutet, dass in dieser Zelle kein Schutzgebiet liegt. 1 bedeutet, dass in dieser Zelle ein Schutzgebiet liegt.

Durch die Verrechnung der drei Datensätze mit diesen Gewichtungen entstehen in den Zellen des resultierenden Datensatzes (**Output**) Werte zwischen 0 und 6.

Abbildung 13: Beispiel zur Veranschaulichung der Gewichtung und der Verrechnung von Datensätzen (eigene Abbildung)

Grundsätzlich macht die Orientierung der Kernzone an bestehenden Schutzgebieten Sinn, da in diesen Gebieten bereits Handlungsrestriktionen bestehen und dies somit die Umsetzung des Projekts erleichtern kann. Jedoch handelt es sich zugleich auch um Gebiete mit ökologisch wertvollen Lebensräumen, die es zu schützen gilt. Bei Schutzgebieten von nationaler Bedeutung (Bundesinventare und Smaragdgebiete) kann davon ausgegangen werden, dass der Schutz der entsprechenden Gebiete besonders wichtig ist. Es wird vorgeschlagen, dass bestehende Schutzgebiete nationaler Bedeutung stärker gewichtet werden als bestehende Schutzgebiete kantonaler Bedeutung. Datensätze mit ökologisch schützenswerten Lebensräumen, deren Schutz nicht gesetzlich verankert ist, werden weniger stark gewichtet als bestehende Schutzgebiete auf nationaler und kantonaler Ebene. Auf Grundlage dieser Überlegungen wird folgende Gewichtung vorgeschlagen:

Bestehende Schutzgebiete auf Bundesebene: **Gewichtung = 3**

Bestehende Schutzgebiete auf kantonaler Ebene: **Gewichtung = 2**

Ökologisch schützenswerte Lebensräume: **Gewichtung = 1**

Die Gewichtung der jeweiligen Datensätze wird in **Tabelle 7** dargestellt.

Bemerkung: Weder die in dieser Arbeit verwendeten Datensätze mit bestehenden Schutzgebieten noch Datensätze mit ökologisch wertvollen Lebensräumen ohne gesetzliche Verankerung geben Informationen darüber, wie lichtsensitiv die in diesen Gebieten geschützten Arten sind. Die Berücksichtigung dieser Datensätze hat aber den Zweck diese Gebiete generell vor anthropogenen Einflüssen zu schützen. Mit einer soliden Datengrundlage zu lichtsensitiven Arten lässt es sich überlegen, ökologische Aspekte stärker zu gewichten.

Tabelle 7: Gewichtung der Datensätze

Datensatz	Gewichtung
BLN	3
Bundesinventar Auen	3
Bundesinventar Moorlandschaft	3
Bundesinventar Flachmoore	3
Bundesinventar Amphibien	3
Smaragdgebiete	3
Kantonale Naturschutzgebiete (BE)	2
Kantonale Auengebiete (FR)	2
Kantonale Flachmoore	2
Kantonale Amphibienlaichgebiete (FR)	2
Wildschutzgebiete (Kanton Bern)	2
Wildtierkorridore	1
Fliessgewässer mit hoher Biodiversität und national prioritären Arten	1
Vogelzuggebiete	1

Durch die Verrechnung der Datensätze mit den vorgeschlagenen Gewichtungen entsteht ein Datensatz mit Werten zwischen 0 und 26. Dieser Datensatz wurde nun mit den Rasterdatensätzen der Dunkelheit und der Gebäudedichte (jeweils Werte von 0 bis 9) verrechnet. Die Datensätze für Dunkelheit, Gebäudedichte und Schutzgebiete (Verrechnung aller Datensätze von Schutzgebieten) beinhalten folgende Wertebereiche (siehe **Tabelle 8**)

Tabelle 8: Wertebereiche für Dunkelheit, Gebäudedichte und Schutzgebiete

Dunkelheit	Gebäude- dichte	Schutz- gebiete
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	3	...
4	4	...
5	5	...
6	6	...
7	7	24
8	8	25
9	9	26

Bei der Verrechnung der drei Datensätze wurde auf eine separate Gewichtung verzichtet, da es sich nicht um Daten handelt, die sich thematisch direkt miteinander vergleichen lassen. Damit hingegen bei der Addierung dieser drei Datensätze alle etwa dieselbe Wertigkeit erhalten, wurden die Datensätze der Dunkelheit und der Gebäudedichte mit dem Wert 3 multipliziert. Somit entstehen folgende Werte (siehe Tabelle 9):

Tabelle 9: Veränderung der Wertebereiche, um ähnliche Wertigkeiten zu erreichen

Dunkelheit	Gebäude- dichte	Schutz- gebiete
0	0	0
3	3	1
6	6	2
9	9	...
12	12	...
15	15	...
18	18	...
21	21	24
24	24	25
27	27	26

Somit haben Zellen in den dunkelsten Gebieten, Zellen mit der kleinsten Gebäudedichte und Zellen mit (aufgrund der Datensätze von Schutzgebieten) besonders schützenswerten Lebensräumen rund denselben Wert. Durch die Addierung dieser drei Datensätze entsteht ein Datensatz mit Werten von 0 bis maximal 80. Dieser Datensatz stellt die Eignung von Gebieten für eine Kernzone, mit einer Gewichtung der Kriterien, dar.

7.3.4 Erstellung einer Kernzone auf Basis von Eignungskarten

Grundlage für die Erstellung einer Kernzone sind die in den letzten Kapiteln beschriebenen Eignungskarten, Vektordatensätze mit den Grenzen von Schutzgebieten, Gemeindegrenzen und das topographische Landschaftsmodell. Diese Karten wurden übereinandergelegt, um eine nachvollziehbare Grenze für die Kernzone zu ziehen. Die Grenzen der Kernzonen wurden digitalisiert. Das Resultat ist ein Vektordatensatz mit einer Fläche.

7.3.5 Validierung der Kernzone auf den Zweck eines IDA Dark Sky Parks

In einem letzten Schritt wurde anhand weiterer Kriterien untersucht, ob diese Kernzone den Sinn und Zweck eines Dark Sky Parks erfüllt. Hierzu wurden das Vorhandensein touristischer Aktivitäten, Hotels, Restaurants, geeigneter Beobachtungsplätze für Himmelsbeobachtungen, etc. in der Kernzone überprüft. Die Daten mit diesen Informationen wurden vom Naturpark Gantrisch zur Verfügung gestellt, womit drei Übersichtskarten der Kernzone erstellt wurden. Als Grundinformation sind in allen Übersichtskarten Informationen zu Verpflegungsmöglichkeiten, Unterkünften und bewirtschafteten Almhütten vorhanden. In der ersten Karte werden zusätzlich Informationen über Routen für Sommeraktivitäten und in der zweiten Karte über Routen für Winteraktivitäten dargestellt. Auf der dritten Karte werden Informationen zu Sehenswürdigkeiten und Infrastrukturen abgebildet.

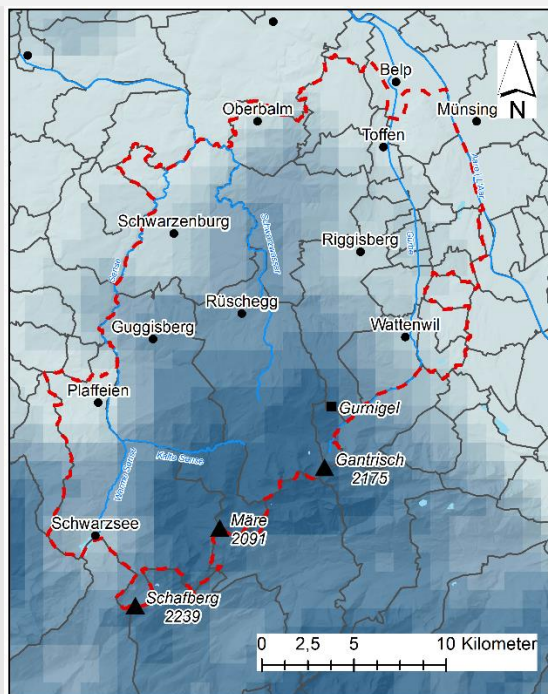
8 Räumliche Ergebnisse

In den folgenden vier Unterkapiteln werden die räumlichen Ergebnisse dargestellt und beschrieben. Die Ergebnisse in den Kapiteln 8.1 und 8.2 dienen der Heranführung an den Zonierungsvorschlag in Kapitel 8.3. In Kapitel 8.4 werden die Resultate der Validierung der Kernzone dargestellt. Die Resultate werden in allen vier Kapiteln jeweils in Boxen veranschaulicht. Diese geben Informationen über die verwendeten Datensätze und deren Gewichtung und über die Bedeutung der dargestellten Karte.

8.1 Potentiell geeignete Gebiete für die Kernzone ohne Gewichtung

Dunkelheit

Datensatz: Satellitendaten

**Legende**

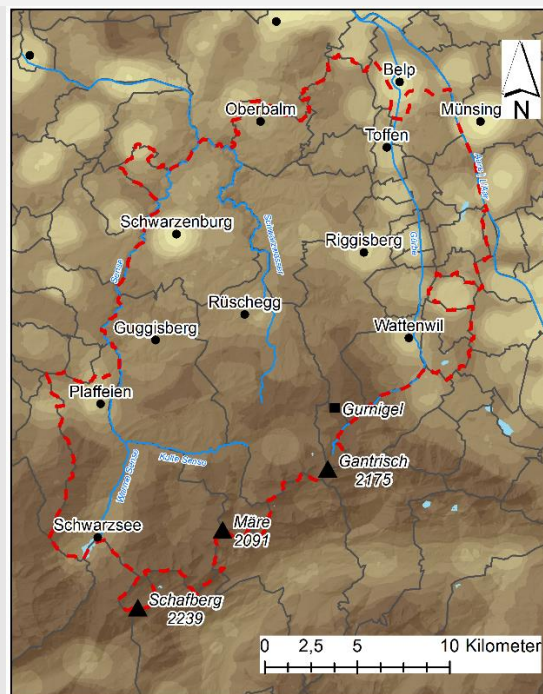
-  dunkle Gebiete
-  helle Gebiete
-  Ortschaften
-  Berge
-  Pässe
-  Flüsse
-  Seen
-  Gemeindegrenzen
-  Naturpark Gantrisch

Bedeutung der Karte:

Mit den Farben hellblau bis dunkelblau wird eine feine Abstufung der Dunkelheit im Naturpark dargestellt. Die Grenzwerte wurden so gewählt, dass die hellsten Gebiete innerhalb des Naturparks den Wert 0 erhalten und die dunkelsten Gebiete den Wert 9. Gebiete ausserhalb der Parkgrenzen, die gleich hell oder noch heller als die hellsten Gebiete innerhalb vom Park sind, werden alle dem Wert 0 zugeordnet.

Gebäudedichte

Datensatz: Gebäude

**Legende**

-  geringe Gebäudedichte
-  hohe Gebäudedichte
-  Ortschaften
-  Berge
-  Pässe
-  Flüsse
-  Seen
-  Gemeindegrenzen
-  Naturpark Gantrisch

Bedeutung der Karte:

Die Farben von hellbraun bis dunkelbraun stellen die Gebäudedichte dar. Für die Erstellung dieser Karte wurde für jede Zelle (Zellgrösse = 100 Meter) ermittelt, wie viele Gebäude sich in deren Umkreis mit einem Radius von 1 Kilometer befinden. Gebiete mit einer grossen Gebäudedichte relativ zu anderen Gebieten im Park erhalten den Wert 0, Gebiete mit einer besonders geringen Gebäudedichte werden dem Wert 9 zugeordnet.

Ökologisch wertvolle Lebensräume

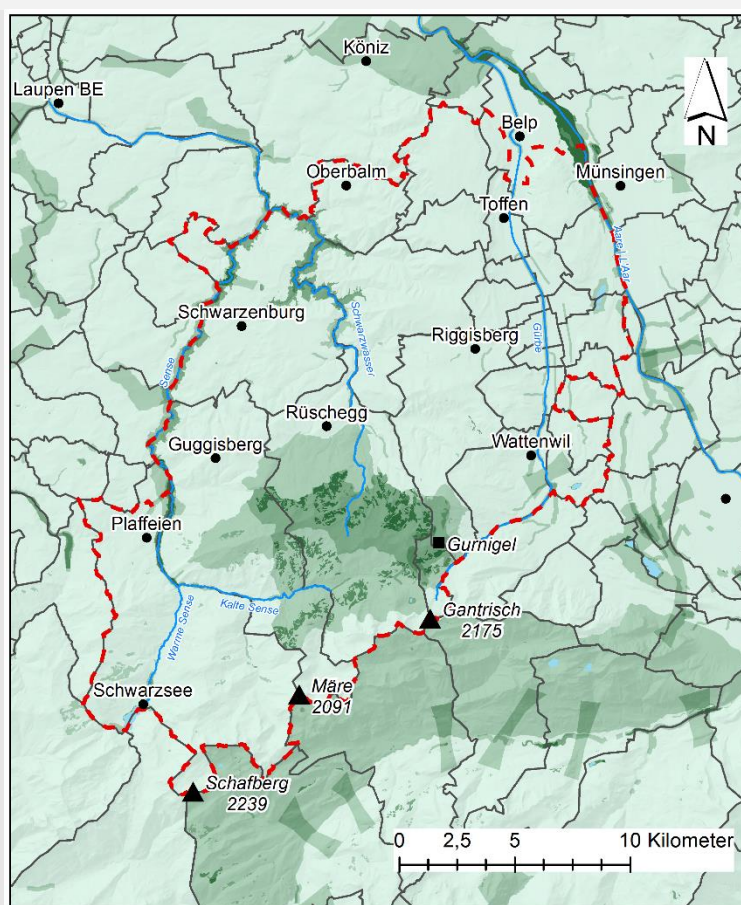
Datensätze:

Bundesinventar Auen
 Bundesinventar Moorlandschaft
 Bundesinventar Hochmoore
 Bundesinventar Flachmoore
 Bundesinventar Amphibien
 Smaragdgebiete
 Kantonale Naturschutzgebiete (Kanton Bern)
 Kantonale Auengebiete (Kanton Fribourg)
 Kantonale Flachmoore
 Kantonale Amphibienlaichgebiete (Kanton Fribourg)
 Wildschutzgebiete (Kanton Bern)
 Wildtierkorridore
 Fliessgewässer mit hoher Biodiversität und national prioritären Arten
 Vogelzuggebiete

Bedeutung der Karte:

Diese Karte wurde mit Datensätzen bestehender Schutzgebiete (nur Datensätze mit ökologischer Bedeutung, d.h. ohne dem Datensatz BLN) und mit Datensätzen, welche Gebiete aus ökologischer Sicht als schützenswert einstufen (keine gesetzlich verankerte Schutzgebiete) erstellt. Flächen mit dem Wert 0 bedeuten, dass dort kein Schutzgebiet existiert (auf Basis der verwendeten Geodaten). In Gebieten mit dem Wert 1 gibt es 1 Schutzgebiet, etc. In Gebieten mit dem Wert 4 gibt es 4 oder mehr Schutzgebiete.

Wichtig: Die Farben sagen nichts über die Bedeutung der Schutzgebiete aus, sondern nur über die Anzahl Schutzgebiete auf einer Fläche.



Legende

- 0 schützenswerte Gebiete
- 1 schützenswertes Gebiet
- 2 schützenswerte Gebiete
- 3 schützenswerte Gebiete
- min. 4 schützenswerte Gebiete
- Ortschaften
- Berge
- Pässe
- Flüsse
- Seen
- Gemeindegrenzen
- Naturpark Gantrisch

Bestehende Schutzgebiete

Datensätze:

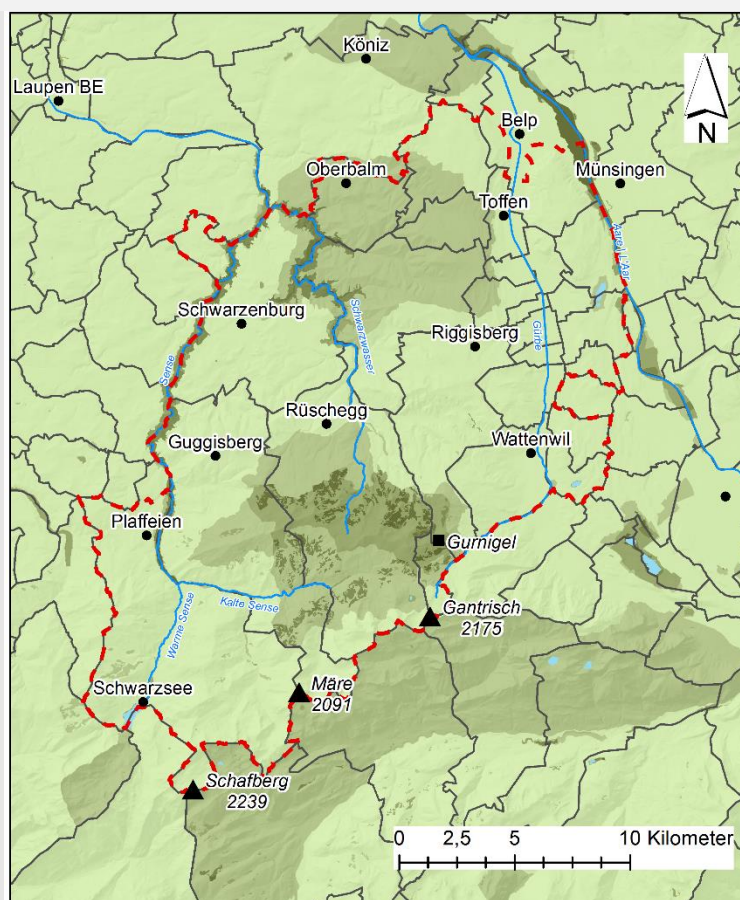
BLN
 Bundesinventar Auen
 Bundesinventar Moorlandschaft
 Bundesinventar Hochmoore
 Bundesinventar Flachmoore
 Bundesinventar Amphibien
 Smaragdgebiete
 Kantonale Naturschutzgebiete (Kanton Bern)
 Kantonale Auengebiete (Kanton Fribourg)
 Kantonale Flachmoore
 Kantonale Amphibienlaichgebiete (Kanton Fribourg)
 Wildschutzgebiete (Kanton Bern)

Bedeutung der Karte:

Diese Karte wurde mit Datensätzen bestehender Schutzgebiete (inkl. BLN) erstellt. Nicht dargestellt werden hier Gebiete, welche sich aus ökologischer Sicht als schützenswert einstufen lassen aber keine gesetzlich verankerten Schutzgebiete sind.

Flächen mit dem Wert 0 bedeuten, dass dort kein Schutzgebiet existiert (auf Basis der verwendeten Geodaten). In Gebieten mit dem Wert 1 gibt es 1 Schutzgebiet, etc. In Gebieten mit dem Wert 4 gibt es 4 oder mehr Schutzgebiete.

Wichtig: Die Farben sagen nichts über die Bedeutung der Schutzgebiete aus, sondern nur über die Anzahl Schutzgebiete auf einer Fläche.



Legende

- 0 Schutzgebiete
- 1 Schutzgebiet
- 2 Schutzgebiete
- 3 Schutzgebiete
- min. 4 Schutzgebiete
- Ortschaften
- Berge
- Pässe
- Flüsse
- Seen
- Gemeindegrenzen
- Naturpark Gantrisch

8.2 Potentiell geeignete Gebiete für die Kernzone mit Gewichtung

Eignung für eine Kernzone

Datensätze / Gewichtung:

Dunkelheit = 1

Gebäudedichte = 1

BLN = 3

Bundesinventar Auen = 3

Bundesinventar Moorlandschaft = 3

Bundesinventar Hochmoore = 3

Bundesinventar Flachmoore = 3

Bundesinventar Amphibien = 3

Smaragdgebiete = 3

Kantonale Naturschutzgebiete (Kanton Bern) = 2 = 1

Kantonale Auengebiete (Kanton Fribourg) = 2

Kantonale Flachmoore = 2

Kantonale Amphibienlaichgebiete (Kanton Fribourg) = 2

Wildschutzgebiete (Kanton Bern) = 2

Wildtierkorridore = 1

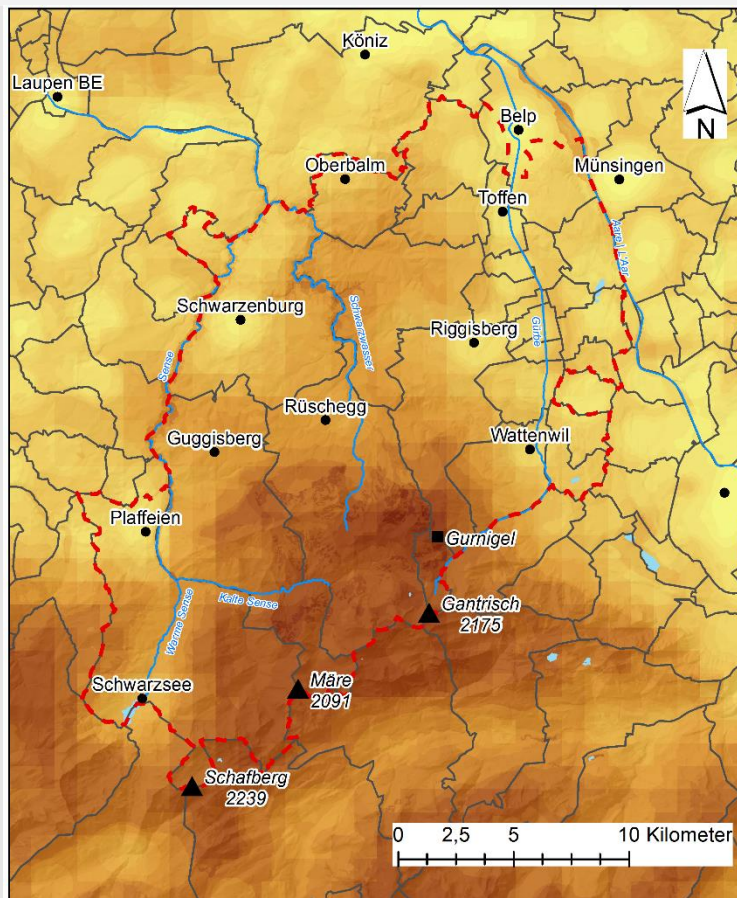
Fließgewässer mit hoher Biodiversität

und national prioritären Arten = 1

Vogelzuggebiete = 1

Bedeutung der Karte:

Mit den Farben wird auf dieser Karte dargestellt, wie geeignet ein Gebiet für eine Kernzone ist. Dunkel bedeutet sehr geeignet, hell bedeutet wenig geeignet. Für die Datensätze der Schutzgebiete wurde hier eine Gewichtung (siehe links) gemacht. (Bundesebene = 3, Kantonsebene = 2, keine gesetzliche Verankerung = 1) und miteinander verrechnet. Danach wurde dieses Ergebnis mit den Datensätzen Dunkelheit und Gebäudedichte verrechnet, wobei alle gleich gewichtet wurden (Gewichtung = 1).



Legende

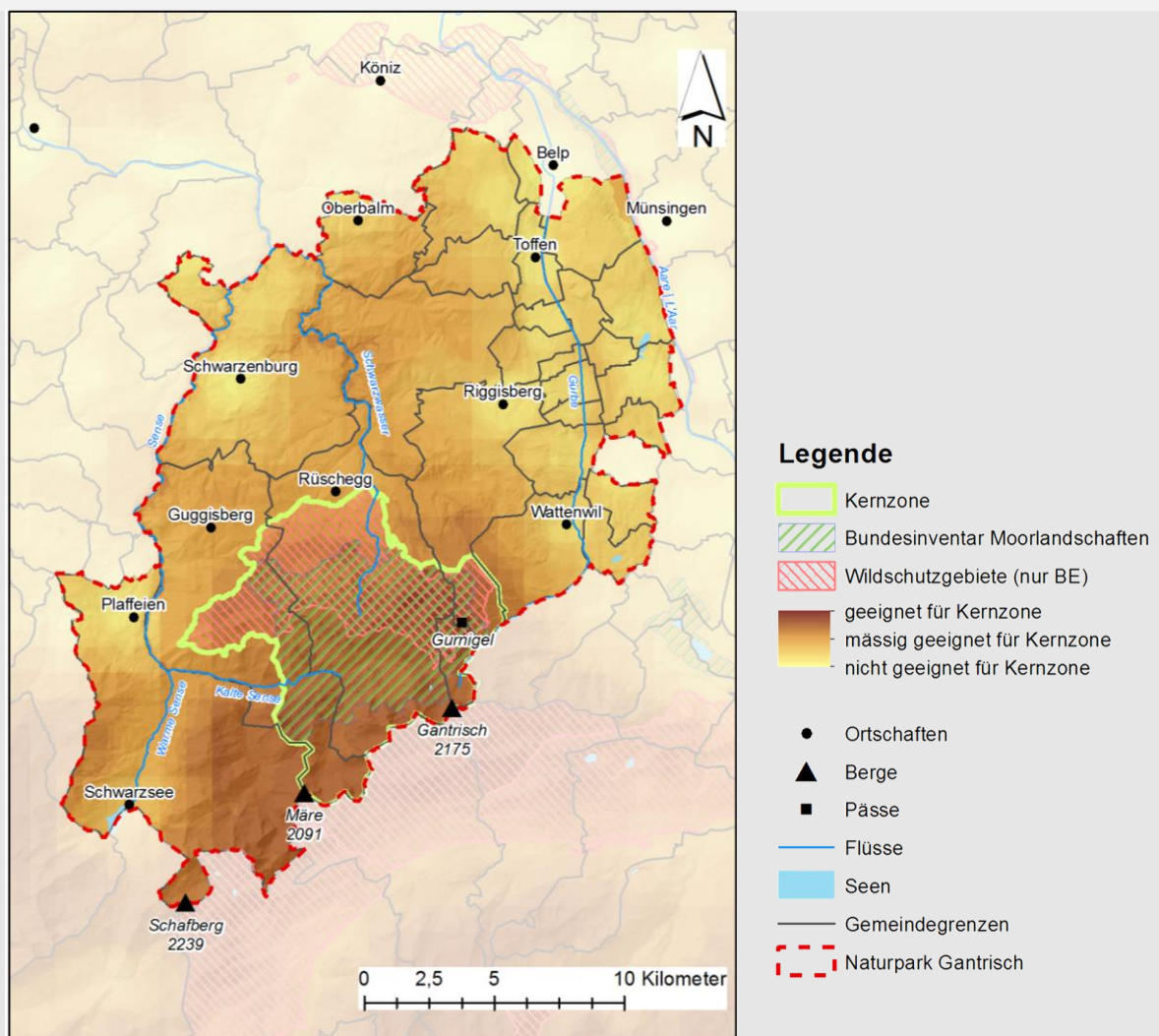
- geeignet
- mässig geeignet
- nicht geeignet
- Ortschaften
- Berge
- Pässe
- Flüsse
- Seen
- Gemeindegrenzen
- Naturpark Gantrisch

8.3 Zonierungsvorschlag

Verlauf der Kernzone

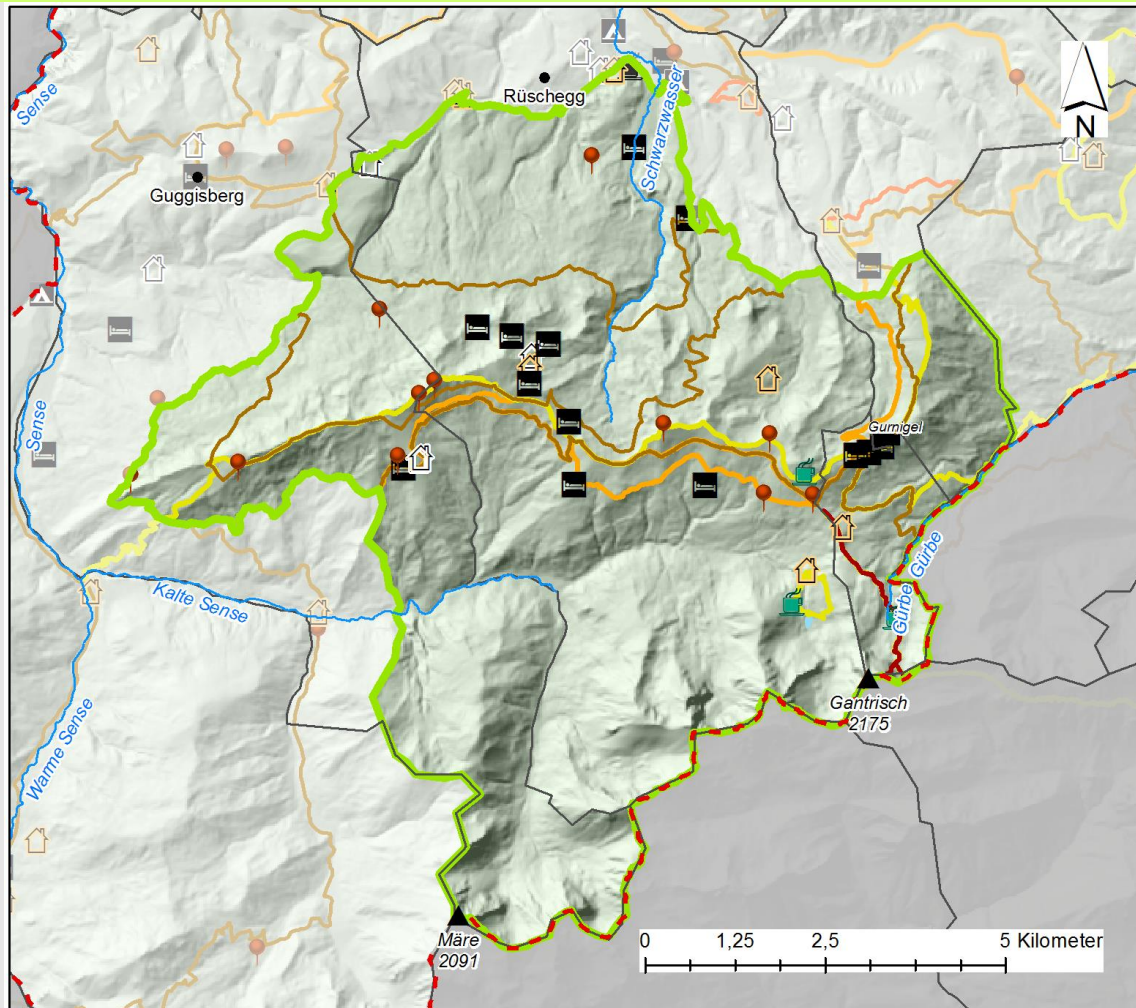
Bedeutung der Karte:

Die Kernzone orientiert sich bei diesem Zonierungsvorschlag an den Grenzen der Moorlandschaft Gurnigel/Gantrisch und der Wildschutzzone, die grösstenteils in der Moorlandschaft liegt. Die südöstliche Grenze der Kernzone orientiert sich an der Grenze des Naturparks und gleichzeitig an der hohen Gebirgskette, welche Licht von der südöstlichen Talseite (ausserhalb des Naturparks) abschirmt. Die Verbindung zwischen den Schutzgebieten und der südöstlichen Grenze wird durch Gemeindegrenzen gebildet. Die Kernzone liegt grösstenteils in der Gemeinde Rüschegg und zu kleineren Teilen in den Gemeinden Guggisberg und Riggisberg.



8.4 Validierung der Kernzone auf den Zweck von Dark Sky Parks

Unterkünfte – Verpflegung – Sommeraktivitäten



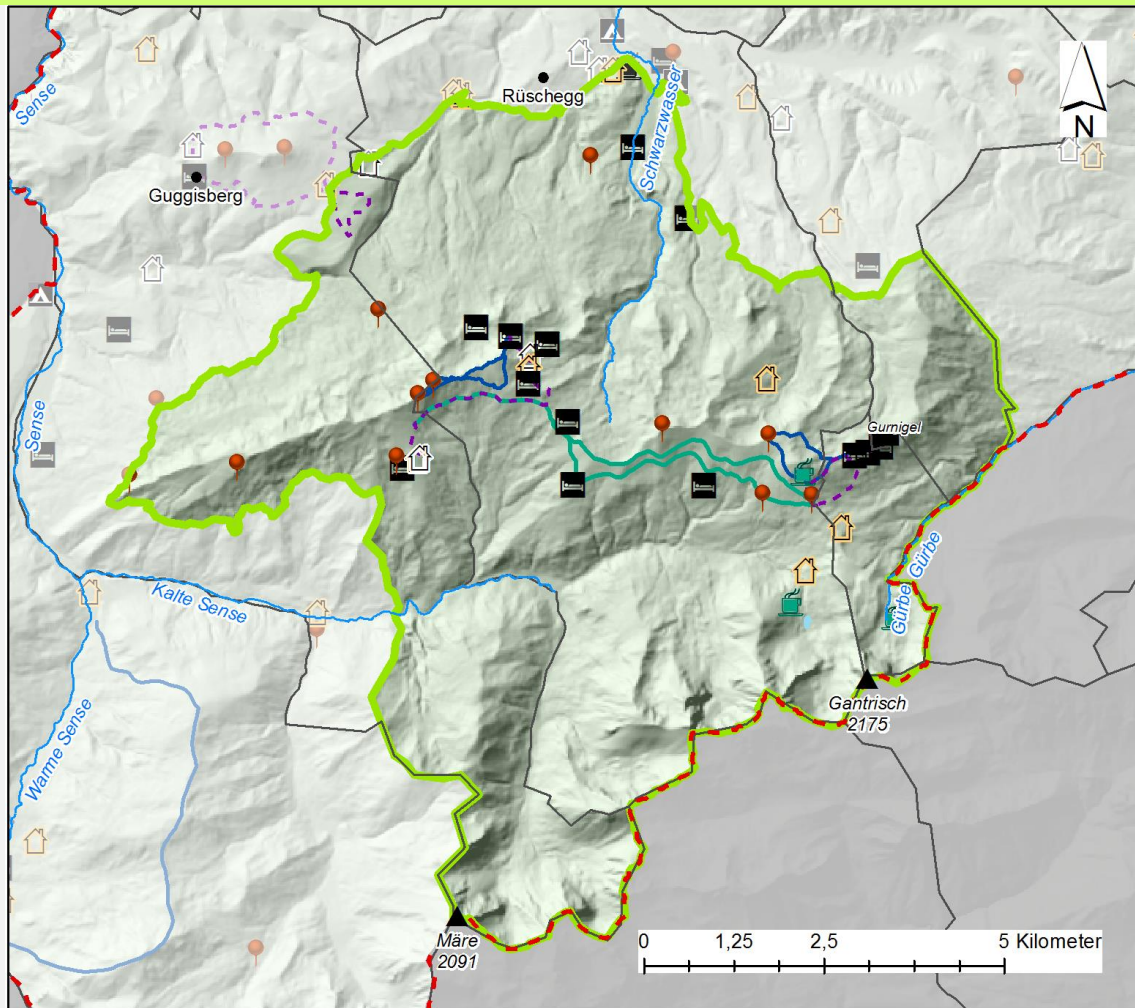
Legende

- | | | |
|------------------------|------------------|---------------------|
| Feuerstelle | Veloroute | Ortschaften |
| Cafe | Themenwege | Berge |
| Restaurant/Berggasthof | Wanderung | Pässe |
| Unterkunft | Mountainbiketour | Flüsse |
| Ferienwohnung | Weitere Routen | Seen |
| Camping | | Gemeindegrenzen |
| Bewirtschaftete Alp | | Kernzone |
| | | Naturpark Gantrisch |

Bedeutung der Karte:

Die Kernzone bietet ein diverses Angebot für Sommeraktivitäten (Velo-, Wander-, und Mountainbikerouten). Es gibt es mehrere Feuerstellen und Verpflegungsmöglichkeiten in Restaurants, Berggasthöfen und bewirtschafteten Alphütten. Entlang der in der Karte abgebildeten Routen gibt es mehrere Unterkünfte. Im Anhang A1.4 werden die Informationen dieser Karte für den ganzen Naturpark dargestellt.

Unterkünfte – Verpflegung – Winteraktivitäten



Legende

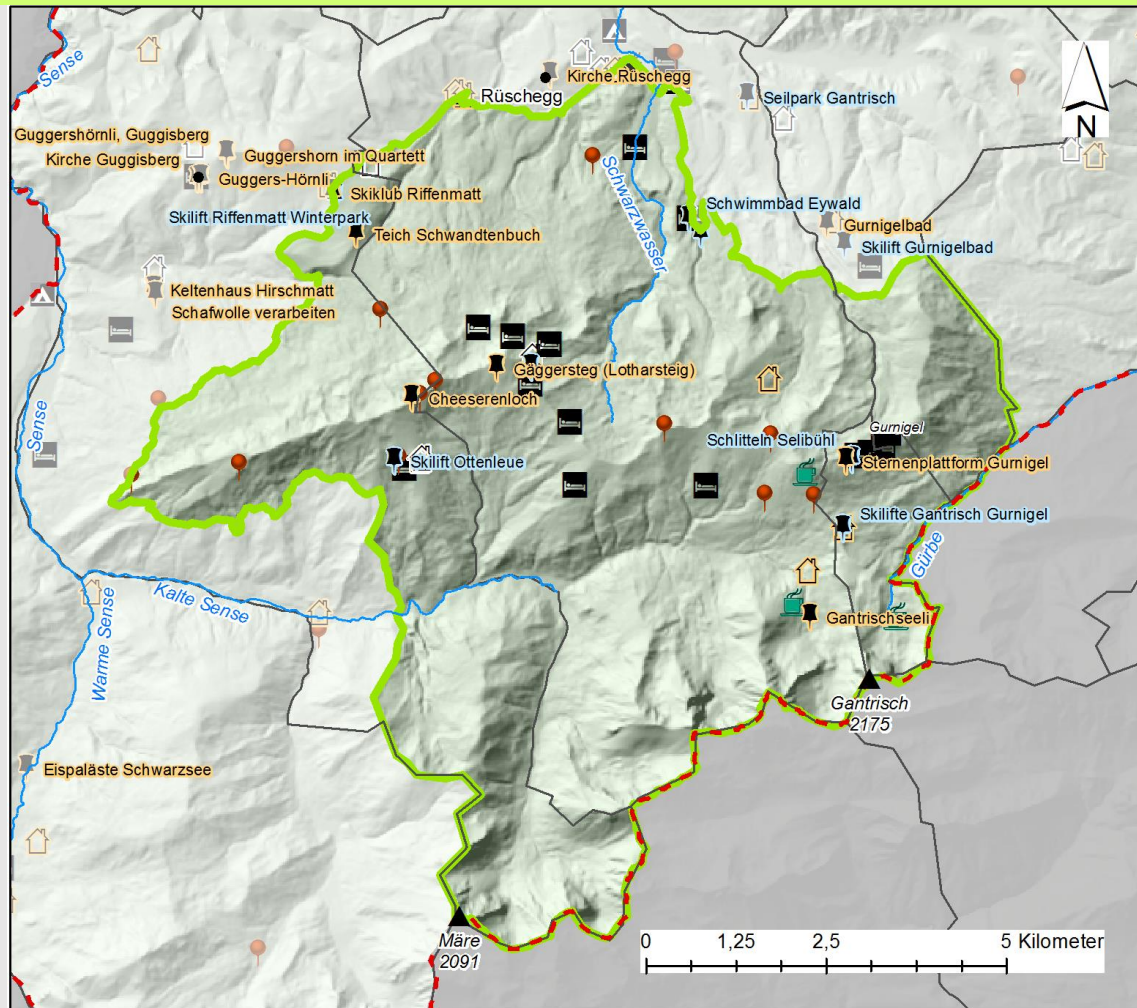
- | | | |
|------------------------|-----------------|---------------------|
| Feuerstelle | Langlaufstrecke | Ortschaften |
| Cafe | Schneeschuhtour | Berge |
| Restaurant/Berggasthof | Winterwanderung | Pässe |
| Unterkunft | | Flüsse |
| Ferienwohnung | | Seen |
| Camping | | Gemeindegrenzen |
| Bewirtschaftete Alp | | Kernzone |
| | | Naturpark Gantersch |

Bedeutung der Karte:

Die Kernzone bietet auch ein attraktives Winterangebot. Auf der Karte sind Langlaufstrecken, Routen für Schneeschuhtouren und Winterwanderwege abgebildet. Mehrere Restaurants, Berggasthöfe und Unterkünfte sind entlang dieser Routen vorhanden.

Im Anhang A1.4 werden die Informationen dieser Karte für den ganzen Naturpark dargestellt.

Unterkünfte – Verpflegung – Sehenswürdigkeiten – Infrastrukturen



Legende

	Feuerstelle		Sehenswürdigkeiten		Ortschaften
	Cafe		Infrastrukturen		Berge
	Restaurant/Berggasthof				Pässe
	Unterkunft				Flüsse
	Ferienwohnung				Seen
	Camping				Gemeindegrenzen
	Bewirtschaftete Alp				Kernzone
					Naturpark Gantersch

Bedeutung der Karte:

Auf dieser Karte werden einige Sehenswürdigkeiten und Infrastrukturen, die in der Kernzone vorhanden sind, abgebildet. Skilifte, ein Schlittelweg beim Gurnigelpass, das Cheeserenloch, das Ganterschseeli, usw. Auf dem Gurnigel befindet sich eine Sternenplattform, die laut Peter Schlatter (2017) vom Physikalischen Institut der Universität Bern bei weitem der beliebteste Ort für Beobachtungen des Sternenhimmels ist. Die Sternenplattform ist ganzjährig per Auto erreichbar, was den Transport schwerer Teleskope ermöglicht. Im Anhang A1.4 werden die Informationen dieser Karte für den ganzen Naturpark dargestellt.

9 Diskussion

9.1 Kritik am methodischen Vorgehen

Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Zonierung basiert auf vielen verschiedenen Geodaten. Insbesondere bei den ökologischen GIS Daten muss betont werden, dass es sich gewissermassen um eine Hilfestellung handelt. Es muss damit gerechnet werden, dass Inventare unvollständig sein können. Ausserdem zeigen ökologische Datensätze oft einen momentanen Zustand eines dynamischen Ökosystems auf. Beispielsweise sollten auch die Datensätze zu Aktivitäten und Infrastrukturen im Naturpark Gantrisch kritisch auf deren Aktualität und auf Fehler und Vollständigkeit geprüft werden. Dem Gebäudedatensatz des Topographischen Landschaftsmodells wurden lediglich Informationen zur Lage von Gebäuden entnommen. Bei der Moorlandschaft Gurnigel/Gantrisch handelt es sich um ein Sömmerungsgebiet. Dies bedeutet, dass einige Gebäude nicht das ganze Jahr über bewohnt sind. Diese Information konnte dem Gebäudedatensatz nicht entnommen werden und wurde in der Zonierung somit auch nicht berücksichtigt.

Die Durchführung von Experteninterviews erwies sich als sehr hilfreiche Methode zur Abstützung und Erweiterung des selbst erstellten Zonierungskonzeptes. Insbesondere waren die Experteninterviews ein wichtiger Schritt in dieser Arbeit, da von der IDA aus nur wenige präzise Anforderungen an den Verlauf der Zonen gestellt werden und auch in der weiteren Literatur, bis auf Berichte zu Zonierungen anderer Sternepärke, kaum etwas zum Vorgehen bei einer solchen Zonierung zu finden ist. Da in der Schweiz bisher keine Sternepärke existieren, mussten die Experteninterviews mit Experten aus dem Ausland erfolgen. Die Auswahl von Sternepärken aus Deutschland war aus sprachlichen Gründen sehr hilfreich. Das Gespräch mit Experten von drei verschiedenen Sternepärken ermöglichte es unterschiedliche Perspektiven für die Zonierung im Naturpark Gantrisch aufzuzeigen. Der erstellte Leitfaden für die Interviews erwies sich als sehr hilfreich zur Extrahierung nützlicher Informationen für die Zonierung im Naturpark Gantrisch, jedoch bestand eine Schwierigkeit in der jeweils zur Verfügung stehenden Zeit möglichst viele Informationen zu erhalten. Somit wurden nicht alle Interviews im gleichen Detailmass durchgeführt. Jedoch erwies sich das nicht als sehr problematisch, da von Interview zu Interview einige Parallelen im jeweiligen Zonierungsvorgehen aufgezeigt werden konnten. Ein Nachteil in der Wahl der Experten war, dass es sich bei zwei interviewten Personen um Experten von Dark Sky Reserves und nicht um Experten von Dark Sky Parks handelte. Das Interview mit Herr Hänel war deshalb sehr praktisch, da er mit seiner Erfahrung über Dark Sky Reserves und Dark Sky Parks den Bogen zwischen diesen beiden Kategorien schliessen konnte.

9.2 Kritische Betrachtung der Zonierung

In einem Gespräch mit dem Ökologen James Hale der Universität Bern, der sich mit dem Einfluss künstlicher Beleuchtung auf Arten im Naturpark Gantrisch auseinandersetzt, wurden von Herrn Hale (2017) einige Denkanstösse gegeben, um das Konzept der Zonierung kritisch zu würdigen und zu überdenken.

Das Ziel vieler Projekte von Naturparks und somit auch dieses Projektes zum Schutz der Nachtdunkelheit ist multifunktional. Es gibt dabei Interessensdifferenzen zwischen vielen verschiedenen Akteuren. Astronomen wünschen sich eine gute Sicht auf den Sternenhimmel, Naturschützer versuchen lichtsensitive Arten vor künstlichen Lichtquellen zu schützen oder Touristen suchen für die Übernachtung Orte mit geringer Lichtverschmutzung auf, da dadurch der gute Schlaf gefördert werden soll. Unter Berücksichtigung der einzelnen Interessen hätte die Kernzone des Parks wohl jeweils eine andere Lage. Diese Herausforderung an die Zonierung wird anhand [Abbildung 14](#) bis [Abbildung 16](#) veranschaulicht.

Im Idealfall überschneiden sich Gebiete unterschiedlicher Interessen, wie zum Beispiel die für Astronomen geeigneten Gebiete für die Beobachtung des Sternenhimmels und die aus ökologischer Sicht vor Lichtverschmutzung zu schützenden Gebiete (siehe Abbildung 14).

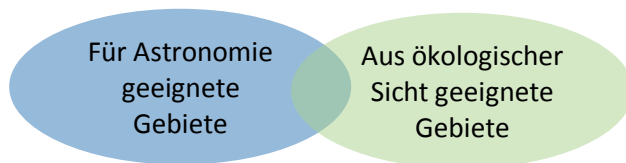


Abbildung 14: Idealfall (Astronomie vs. Ökologie)

In der Realität ist es jedoch gut möglich, dass es zu keiner Überschneidung kommt. Die aus verschiedenen Perspektiven vor Lichtverschmutzung zu schützenden Gebiete können weit über die Landschaft verteilt und nicht wie im Idealfall übereinanderliegen (siehe Abbildung 15).

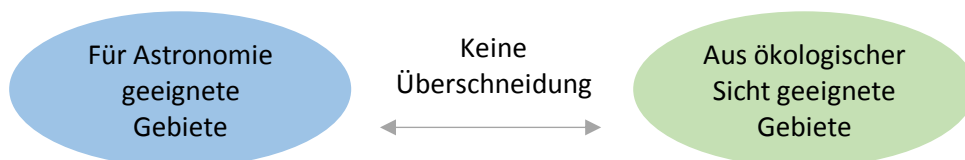


Abbildung 15: Mögliches Szenario in der Realität (Astronomie vs. Ökologie)

Mit der in dieser Arbeit erstellten Zonierung soll zwar die Dunkelheit der Kernzone durch die Pufferzone geschützt werden. Jedoch zielt dieses Zonierungskonzept nicht darauf ab die eigentliche Quelle der Lichtverschmutzung zu identifizieren. Möglicherweise hat eine hell beleuchtete Infrastruktur (z.B. Fussballstadion oder Flugplatz) ausserhalb des Naturparks einen grösseren Einfluss auf ein nächtliches Habitat im Naturpark, als eine Strassenlaterne, die nur wenige 100 m vom Habitat entfernt installiert ist. Beleuchtungsmassnahmen werden somit anhand dieses Zonierungskonzeptes allenfalls nicht an der Quelle der eigentlichen Ursache ergriffen. In Abbildung 16 wird dies nochmals vereinfacht dargestellt.

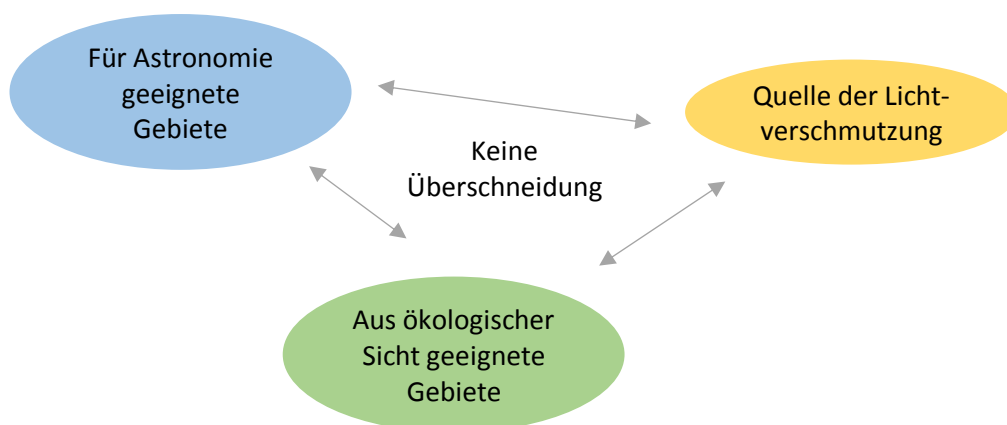


Abbildung 16: Mögliches Szenario in der Realität (Astronomie und Ökologie vs. Quelle der Lichtverschmutzung)

Die Multifunktionalität des Dark Sky Parks verlangt eine Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Aspekten, die sich jedoch räumlich oft nicht überlagern. Dies führt bei einer finalen Zonierung dazu, dass einige Aspekte mehr gewichtet werden müssen als andere Aspekte. Es entsteht somit eine Zonenkarte, die nicht allen Zielen eines Dark Sky Parks gerecht wird. Unter Berücksichtigung aller Aspekte wäre es notwendig für jedes Ziel eine andere Zonierungskarte zu erstellen, woran vermutlich aber die Umsetzbarkeit des Projektes scheitern würde. Grundsätzlich sollte eine Zonierung einfach und nachvollziehbar sein, sodass die Akzeptanz der Gemeinden für das Projekt erreicht wird.

9.3 Bedeutung der Resultate für den Naturpark

Für den Schutz der Nachtdunkelheit im Naturpark Ganttrisch, und besonders in dessen Kernzone für Nachtdunkelheit, ist die Anwendung von Beleuchtungsrichtlinien notwendig. Die Zonierung in Kernzone und Pufferzone dient als Grundlage für die Erarbeitung dieser Richtlinien. Anhand der Beleuchtungsregeln des Sterneparks Rhön wird in den folgenden zwei Abschnitten erläutert, was die Zonierung für die Beleuchtung in den Gemeinden des Naturparks bedeuten könnte.

In der Kernzone des Sterneparks Rhön darf grundsätzlich ausserhalb von Gebäuden kein stationäres künstliches Licht eingesetzt werden. Durch Abschirmung soll vermieden werden, dass künstliches Licht aus Gebäuden stark herausstrahlt. Aus Sicherheitsgründen oder für die Beleuchtung von Arbeitsstätten können Ausnahmen gemacht werden, die jedoch gut begründet sein müssen. Solche Ausnahmen erfordern eine gute Planung bezüglich Zweck der Beleuchtung, Dauer der Beleuchtung, Lenkung des Lichts und Lichtqualität (Gleichmässigkeit, Farbwiedergabe und Blendung) (Sternepark Rhön, 2014).

In den Pufferzonen (innere und äussere Pufferzone) des Sterneparks Rhön darf grundsätzlich auch ausserhalb von Gebäuden stationäres künstliches Licht eingesetzt werden. Dieses soll aber verantwortungsvoll eingesetzt werden, um zu vermeiden, dass zu viel Licht in die Kernzone gelangt. Zum einen dürfen nur voll abgeschirmte Leuchten eingesetzt werden. Dies bedeutet, dass die Leuchten nur die zu beleuchtende Fläche anstrahlen und kein Licht über die Horizontale hinaus abgeben. Ausserdem darf nur Licht mit geringen Blauanteilen (die Farbtemperatur darf nicht höher als 3000 Kelvin sein) genutzt werden. Weitere Regelungen beinhalten eine bedarfsorientierte Steuerung der Beleuchtungsdauer und der Lichtmenge, das Anstrahlen von Gebäuden nur in begründeten Ausnahmefällen und die Vermeidung der Beleuchtung von Verkehrsflächen ausserhalb geschlossener Ortschaften (sofern dies die Sicherheitsanforderungen zulassen). Grundsätzlich gelten in den zwei Pufferzonen dieselben Regelungen; mit kleinen Unterschieden zum Beispiel in Bezug auf die Beleuchtungsdauer oder die Beleuchtungsintensität beim Anstrahlen von Gebäuden. In der äusseren Pufferzone gelten etwas weniger strikte Regeln als in der inneren Pufferzone (Sternepark Rhön, 2014).

Im Naturpark Ganttrisch orientiert sich die Kernzone, die in der vorliegenden Arbeit vorgeschlagen wird, hauptsächlich an der Grenze zweier Schutzgebiete (Moorlandschaft und Wildruhezone) und an der geographisch gegebenen Grenze durch die Gebirgskette (zugleich Grenze des Naturparks). In dieser Kernzone befinden sich besonders dunkle Gebiete und auch Gebiete mit einer eher geringen Besiedlung. Dies trifft vor allem für den Bereich der Moorlandschaft und den Bereich zwischen Moorlandschaft und der südöstlichen Grenze des Naturparks zu. Durch die Aufnahme des Wildschutzgebietes in die Kernzone, dehnt sich das Gebiet mehr in Richtung Plaffeien und Rüscheegg aus. Diese Gebiete sind gemäss den Satellitendaten relativ zu anderen Gebieten der Kernzone eher hell. Jedoch weisen sie ebenfalls nur eine geringe Besiedlung auf.

Gebiete an den Flüssen Aare, Sense und Schwarzwasser und das BLN Gebiet sind gemäss der Karte in Kapitel 8.2 ebenfalls mässig für eine Kernzone geeignet. Diese Eignung entstand auf dieser Karte hauptsächlich durch das Vorhandensein von Schutzgebieten. Jedoch weisen sie keine besondere Nachtdunkelheit auf und sind, im Vergleich zu der vorgeschlagenen Kernzone, eher dicht besiedelt. Ausserdem ist es von ihrer Lage her schwierig bis unmöglich diese Gebiete durch eine Pufferzone zu schützen. Sie

befinden sich an der Grenze des Naturparks und das Licht, das von ausserhalb des Naturparks in den Park strahlt, wird nicht wie beim vorgeschlagenen Schutzgebiet durch hohe Berge abgeschirmt.

Die Wahl der Kernzone, wie sie in der vorliegenden Arbeit vorgeschlagen wird, könnte vor allem für die Gemeinden Guggisberg und Rüschegg eine grosse Herausforderung bedeuten. Die Kernzone, mit strikten Beleuchtungsregeln, geht sehr nahe an dichter besiedelte Gebiete heran. Um einen etwas grösseren Abstand zu diesen Gebieten zu schaffen, könnte die nördliche Grenze der Kernzone nur entlang der Moorlandschaft gezogen werden. In dieser Arbeit wird jedoch vorgeschlagen die Wildruhezone in die Kernzone aufzunehmen, um den Schutz des Wildes soweit als möglich zu gewährleisten.

Die Karten in Kapitel 8.4 zeigen, dass in der vorgeschlagenen Kernzone ganzjährig ein breites touristisches Angebot existiert. Dies kann insofern positiv sein, dass sich viele Leute ohnehin für Tagaktivitäten in diesem Gebiet aufhalten und sich dann gerne in der Nacht den Sternenhimmel anschauen. In der Kernzone gibt es Verpflegungsmöglichkeiten in Restaurants, Berggasthäusern und Alphütten. Für die Übernachtung hat es mehrere Unterkünfte. Ausserdem ist die Panzerplattform beim Gurnigel unter Astronomen ein beliebter Standort für die Beobachtung des Sternenhimmels. Die ganzjährig geöffnete Strasse, welche direkt zur Panzerplattform führt, ermöglicht das Mitbringen schwerer Teleskope. Ein Ziel von Dark Sky Parks ist die Förderung von Öko- und Astrotourismus. Die Karten in Kapitel 8.4 geben einen Hinweis darauf, dass die Kernzone eine gute Grundlage für einen erfolgreichen Öko- und Astrotourismus bietet. Um diese Aussage zu stützen, müsste aber eine umfassendere Studie über das touristische Potential im Naturpark Gantrisch für einen Dark Sky Park durchgeführt werden.

10 Schlussfolgerung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit soll als wissenschaftliche Grundlage für ein Beleuchtungskonzept des Naturparks Gantrisch dienen. Sie liefert einerseits eine kartographische Aufbereitung vorhandener Geodaten und bietet einen Überblick über Gebiete, die für eine Kernzone geeignet sind. Bei der fertigen Zonierungskarte handelt es sich um einen Vorschlag, wie die Zonierung durch Berücksichtigung ausgewählter Kriterien aussehen könnte. Jedoch lässt das ausgearbeitete Konzept eine Variierung der Gewichtung verschiedener Kriterien zu. Sie kann nach erfolgten Gesprächen mit den Gemeinden und eventuell auch nach der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse von James Hale der Universität Bern zu lichtsensitiven Arten im Naturpark Gantrisch wieder angepasst werden.

Sollte der Sternenpark nicht sogar über die Grenzen des Naturparks hinausgehen und grössere umliegende Städte wie Bern, Thun und Fribourg mit hohen Lichtemissionen einschliessen?

Diese Frage wird hier offengelassen, soll aber als Denkanstoss gelten. Die besonders dunklen Gebiete des Naturparks könnten somit durch einen grösseren Puffer geschützt werden. Durch eine Erweiterung des Gebietes könnte allenfalls das Zertifikat Dark Sky Reserve angestrebt werden. Im Anhang A1.3 wird die Eignungskarte für die Kernzone über die Grenzen des Naturparks hinaus dargestellt.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei einigen Leuten herzlich bedanken, die mir eine grosse Unterstützung bei dieser herausfordernden Arbeit waren. Zuerst möchte ich mich bei Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey und bei ihrer Gruppe Planing of Landscape and Urban Systems (PLUS) für die rundum gute Betreuung bedanken. Mein besonderer Dank geht an meinen Betreuer Sven-Erik Rabe, der mir sehr viel seiner Zeit für das Gelingen dieser Arbeit geschenkt hat. Die kompetente fachliche Unterstützung, die Hilfe bei GIS Problemen, das zur Seite stehen rund um die ganze Bachelorarbeit und die Ermutigungen das Maximum herauszuholen, waren für mich eine riesige Bereicherung. Ebenfalls möchte ich mich herzlich bei Nicole Dahinden und Lea Jost, meinen Betreuerinnen des Naturparks, bedanken. Einerseits dafür, dass ich diese Arbeit überhaupt bei ihnen schreiben durfte und andererseits für all die Kontaktvermittlungen, das Bereitstellen von Informationen, sowie die Hilfe bei allen aufkommenden Fragen.

Vielen Dank an Andreas Hänel (Präsident der Fachgruppe Dark Sky - Vereinigung der Sternenfreunde Deutschlands), Claudia Hesse (Mitarbeiterin des Sternenparks Westhavelland), Sabine Frank (Mitarbeiterin des Sternenparks Rhön) und Marcel Schäfer (Mitglied der Projektgruppe Sternenpark Pfälzerwald der Universität Kaiserslautern) für die Zeit, die sie sich für die Interviews genommen haben. Ganz besonders gilt dieser Dank Marcel Schäfer, der sogar aus Deutschland in die Schweiz gereist ist, um seine Erfahrungen und sein Wissen im persönlichen Gespräch weiterzugeben.

Vielen Dank an James Hale (Ökologe der Universität Bern) für das lange Gespräch und die Emails, in denen er mich dazu angeregt hat, die ganze Zonierung kritisch zu würdigen und mir viele Inputs zu ökologischen Aspekten gegeben hat. Ein weiterer Dank geht an Peter Schlatter (Physikalisches Institut der Universität Bern und vom Observatorium Zimmerwald), Lukas Schuler (Präsident Dark-Sky Switzerland) und Florian Knaus (Wissenschaftlicher Koordinator vom Biosphärenreservat Entlebuch) für ihre fachlichen Inputs.

Und zum Schluss einen herzlichen Dank an Res Rickli und Benedikt Flükiger für ihre engagierte Hilfe bei der Textüberarbeitung und an Benjamin Dieterle für seine offenen Ohren bei allen Höhen und Tiefen während der Arbeit.

Literaturverzeichnis

- BAFU Bundesamt für Umwelt (2012a). Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285 vom 29. November 2012. Nicht amtlich publizierte Fassung. Als pdf:
<https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/29575.pdf> (Zugriff am: 20.10.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2012b). Steckbriefe der Schweizer Smaragd-Gebiete. Als pdf:
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/schutzgebiete/fachinfo-daten/steckbriefe_der_schweizersmaragd-gebiete.pdf.download.pdf/steckbriefe_der_schweizersmaragd-gebiete.pdf (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2013a). Fliessgewässerabschnitte mit hoher Artenvielfalt oder national prioritären Arten. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/geodaten/fliessgewaesserabschnitemithoherartenvielfaltodernationalpriori.zip.download.zip/fliessgewaesserabschnitemithoherartenvielfaltodernationalpriori.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2013b). Wildtierkorridore Schweiz. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/geodaten/wildtierkorridore.zip.download.zip/wildtierkorridore.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2014). Smaragd-Gebiete. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/schutzgebiete/geodaten/smaragd-gebiete.zip.download.zip/smaragd-gebiete.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017a). Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/geodaten/amphibienlaichgebiete.zip.download.zip/amphibienlaichgebiete.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017b). Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/geodaten/auen.zip.download.zip/auen.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017c). Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/geodaten/flachmoore.zip.download.zip/flachmoore.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017d). Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/geodaten/hochmoore.zip.download.zip/hochmoore.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017e). Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN). Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/geodaten/bln.zip.download.zip/bln.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017f). Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung BLN. BLN 1320 Schwarzenburgerland mit Sense und Schwarzwasserschluht. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/landschaft/fachinfo->

- daten/Region_13.zip.download.zip/Revision%20BLN%20-%20Region%2013.zip (Zugriff am: 01.12.2017).
- BAFU Bundesamt für Umwelt (2017g). Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung. Als pdf:
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/geodaten/moorlandschaften.zip.download.zip/moorlandschaften.zip> (Zugriff am: 01.12.2017).
- BirdLife Schweiz (2017). IBA 017 Gurnigel - Gantrisch.
<http://www.birdlife.ch/de/node/2428> (Zugriff am: 29.12.2017).
- Blake, D., et al. (1994). Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology*, 234(3), 453-462.
- Bortle, J. E. (2006). Gauging Light Pollution: The Bortle Dark-Sky Scale.
<http://www.skyandtelescope.com/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/> (Zugriff am: 28.11.2017).
- Briggs, W. R. (2002). The Urban Wildlands Group. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting: Conference Abstracts. Abstracts. Plant photoreceptors: proteins that perceive information vital for plant development from the light environment.
<http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html> (Zugriff am: 28.11.2017).
- Bruijs, M. C. M., Hadderingh, R. H., & Jenner, H. A. (2002). Deflecting eels from water intakes with light.
<http://www.noldus.com/events/mb2002/program/abstracts/bruijs.html> (Zugriff am: 28.11.2017).
- Buchanan, B. W. (1993). Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. *Animal behaviour*, 45(5), 893-899.
- Buchanan, B. W. (2002). The Urban Wildlands Group. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting: Conference Abstracts. Abstracts. Observed and potential effects of artificial light on the behavior, ecology, and evolution of nocturnal frogs.
<http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html> (Zugriff am: 28.11.2017).
- Bundesrat (2016). Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) vom 22. Juni 1979 (700). Bern.
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19790171/index.html> (Zugriff am: 29.10.2017).
- Bundesrat (2017a). Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 (451). Bern.
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19660144/index.html> (Zugriff am: 29.10.2017).
- Bundesrat (2017b). Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Oktober 1983 (814.01). Bern.
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19830267/index.html> (Zugriff am: 29.10.2017).
- Bundesrat (2017c). Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG) vom 20. Juni 1986 (922.0). Bern.
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19860156/index.html> (Zugriff am: 29.10.2017).
- BUWAL Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (2001). Schriftenreihe Umwelt Nr. 326. Wildtiere. Korridore für Wildtiere in der Schweiz. Grundlagen zur überregionalen Vernetzung von Lebensräumen. Als pdf:
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/uw-umwelt-wissen/korridore_fuer_wildtiereinderschweizgrundlagenzurueberregionalen.pdf.download.p

- df/korridore_fuer_wildtiereinderschweizgrundlagenzurueberregionalen.pdf (Zugriff am: 01.12.2017).
- DSAG Dark Skies Advisory Group (2013). World list of dark sky protected areas. http://www.darkskyparks.org/dsag/DSP_world_list_march_2013.pdf (Zugriff am: 01.11.2017).
- Eisenbeis, G., & Hassel, F. (2000). Attraction of nocturnal insects to street lights-a study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhessen (Germany). *Natur und Landschaft*, 75(4), 145-156.
- Frank, S. (2017) Experteninterview mit Sabine Frank vom 07.11.2017 / Interviewerin: Lea Flükiger. Gespräch per Skype.
- FRG Förderverein Region Gantrisch (2016). Zertifizierung Sternenpark Gantrisch. Wie wir als Naturpark Gantrisch das Zertifikat Dark Sky Park erhalten. Aktualisierte Version 1.4. Internes Dokument.
- Hale, J. (2017) Informationsaustausch zwischen Lea Flükiger und James Hale bei einem persönlichen Gespräch in der Universität Bern vom 30.10.2017.
- Hänel, A. (2015). Welches Licht schützt den Sternenhimmel? Im Journal für Astronomie, Zeitschrift der Vereinigung der Sternenfreunde e.V.
- Hänel, A. (2017) Experteninterview mit Andreas Hänel vom 26.10.2017 / Interviewerin: Lea Flükiger. Gespräch per Skype.
- Heiling, A. M. (1999). Why do nocturnal orb-webs spiders (Araneidae) search for light? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 46(1), 43-49.
- Hesse, C. (2017) Experteninterview mit Claudia Hesse vom 08.11.2017 / Interviewerin: Lea Flükiger. Gespräch per Skype.
- Hotz, T., & Bontadina, F. (2007). Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Bericht von SWILD als Grundlage für Grün Stadt Zürich und Amt für Städtebau. Zürich. 78 Seiten. Bezug des PDF bei SWILD. <http://www.helldunkel.ch/> (Zugriff am: 13.10.2017).
- IDA International Dark-Sky Association (2015a). Dark Sky Park Program Guidelines. To preserve and protect the nighttime environment and our heritage of dark skies through environmentally responsible outdoor lighting. Als pdf: http://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/IDSP_Guidelines_Oct2015_23.pdf (Zugriff am: 20.10.2017).
- IDA International Dark-Sky Association (2015b). Dark Sky Reserve Program Guidelines. To preserve and protect the nighttime environment and our heritage of dark skies through quality outdoor lighting. Als pdf: http://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/IDSR_Guidelines_Oct2015_22.pdf (Zugriff am: 20.10.2017).
- IDA International Dark-Sky Association (2017a). International dark sky places. <http://www.darksky.org/idsp/> (Zugriff am: 02.11.2017).
- IDA International Dark-Sky Association (2017b). Light Pollution. <http://www.darksky.org/light-pollution/> (Zugriff am: 19.12.2017).
- Infantes, D. R. (2015). The Road Runner System. IV International Symposium for Dark Sky Parks. <http://darkskyparks.splet.arnes.si/files/2011/09/RoadRunner.pdf> (Zugriff am: 07.12.2017).
- Klaus, G., et al. (2005). Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen. Vollzug Umwelt. Bericht vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/landschaft/publikationen->

- studien/publikationen/empfehlungen-zur-vermeidung-von-lichtemissionen.html (Zugriff am: 12.09.2017).
- Knaus, F. (2017) Informationsaustausch per Mail zwischen Lea Flükiger und Florian Knaus vom 18.10.2017.
- Knop, E., et al. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, 548(7666), 206.
- Kolligs, D. (2000). Ecological effects of artificial light sources on nocturnally active insects, in particular on butterflies (Lepidoptera). *Faunistisch-Oekologische Mitteilungen Supplement*, 28, 1-136.
- Le Corre, M., et al. (2002). Light-induced mortality of petrels: a 4-year study from Réunion Island (Indian Ocean). *Biological Conservation*, 105(1), 93-102.
- Lloyd, J. E. (2002). The Urban Wildlands Group. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting: Conference Abstracts. Abstracts. Stray light, fireflies, and fireflyers. <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html> (Zugriff am: 28.11.2017).
- Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(4), 191-198.
- Maisse, G. (1996). Contrôle photopériodique de la saison de reproduction chez les salmonidés. *Productions Animales* 1 (9), 71-77.
- Moore, M. V., et al. (2001). Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, 27(2), 779-782.
- Nakamura, T., & Yamashita, S. (1997). Phototactic behavior of nocturnal and diurnal spiders: negative and positive phototaxes. *Zoological science*, 14(2), 199-203.
- Nemeth, R. S., & Anderson, J. J. (1992). Response of juvenile coho and chinook salmon to strobe and mercury vapor lights. *North American Journal of Fisheries Management*, 12(4), 684-692.
- Netzwerk Schweizer Pärke (2017a). Kategorien & Aufgaben. Park ist nicht gleich Park. https://www.parks.swiss/de/die_schweizer_paerke/wasisteinpark/kategorien_aufgaben.php (Zugriff am: 11.12.2017).
- Netzwerk Schweizer Pärke (2017b). Naturpark Gantrisch. https://www.parks.swiss/de/die_schweizer_paerke/parkportraits/frg.php (Zugriff am: 11.12.2017).
- Nightingale, B., & Simenstad, C. (2002). The Urban Wildlands Group. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting: Conference Abstracts. Abstracts. Artificial night-lighting effects on salmon and other fishes in the Northwest. <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html> (Zugriff am: 28.11.2017).
- Nohl, A.-M. (2017). Interview und Dokumentarische Methode: Anleitungen für die Forschungspraxis (5. Aufl. 2017 ed.): Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Owens, S. (2012). Naked Eye Limiting Magnitude: Assessing Sky Brightness. <https://darkskydiary.wordpress.com/2012/01/20/naked-eye-limiting-magnitude-assessing-sky-brightness/> (Zugriff am: 15.12.2017).
- Plummer, K. E., et al. (2016). Investigating the impact of street lighting changes on garden moth communities. *Journal of Urban Ecology*, 2(1).
- Raap, T., Pinxten, R., & Eens, M. (2015). Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Scientific Reports*, 5.
- Raytheon Company (2017). Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). Monitoring Earth From Space. <https://www.raytheon.com/capabilities/products/viirs/> (Zugriff am: 16.12.2017).

- Reichenbach, A., et al. (2017). Vollzugshilfe Lichtemissionen (Entwurf zur Konsultation). Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU.
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/elektrosmog/fachinfo-daten/vollzugshilfe-lichtemissionen-konsultationsentwurf.pdf.download.pdf/Vollzugshilfe-Lichtemissionen-Konsultationsentwurf-vom-12-04-2017.pdf> (Zugriff am: 20.10.2017).
- Schäfer, M. (2017) Experteninterview mit Marcel Schäfer vom 11.11.2017 / Interviewerin: Lea Flükiger. Gespräch persönlich in Zollikerberg.
- Scheibe, M. A. (1999). Über die Attraktivität von Straßenbeleuchtungen auf Insekten aus nahegelegenen Gewässern unter Berücksichtigung unterschiedlicher UV-Emission der Lampen. *Natur und Landschaft*, 74(4).
- Scheibe, M. A. (2000). Quantitative Aspekte der Anziehungskraft von Straßenbeleuchtungen auf die Emergenz aus nahegelegenen Gewässern (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae, Chironomidae, Empididae) unter Berücksichtigung der spektralen Emission verschiedener Lichtquellen. Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Fachbereich, 10.
- Scheibe, M. A. (2003). Ueber den Einfluss von Strassenbeleuchtung auf aquatische Insekten (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae, Chironomidae, Empididae). *Natur und Landschaft*, 78(6).
- Schlatter, P. (2017) Informationsaustausch per Mail zwischen Lea Flükiger und Peter Schlatter vom 11.12.2017.
- sia (2013). Vermeidung unnötiger Lichtemissionen im Aussenraum. Schweizer Norm. 491. Bauwesen.
- Sternenpark Rhön (2014). Application for Designation as International Dark Sky Reserve. Rhön UNESCO Biosphere Reserve. http://www.darksky.org/wp-content/uploads/2015/01/Rhon_IDSAR_App_Merged_Aug14.pdf (Zugriff am: 18.12.2017).
- Unihedron (2017). Sky Quality Meter-L. <http://www.unihedron.com/projects/sqm-l/> (Zugriff am: 15.12.2017).
- Weiss, M., & Kienast, F. (2012). Auswertungsprotokoll für Parameter 14 (aufdatierte Version Juni 2012). Lichtemissionen.
- Welch, D. (2013). Dark sky places class system. Herausgeber: Dark Skies Advisory Group DSAG der International Union for Conservation of Nature IUCN.
http://www.darksyparks.org/dsag/2013-3-26_DSAG_class_system.pdf (Zugriff am: 20.10.2017).

Anhang

A1	GEODATEN, MODELLE, PLÄNE	69
A1.1	GEODATENVERZEICHNIS.....	69
A1.2	GRAFIK AUS DEM MODELBUILDER	72
A1.3	ÜBERSICHTSKARTE – EIGNUNG FÜR EINE KERNZONE	74
A1.4	ÜBERSICHTSKARTE – AKTIVITÄTEN/INFRASTRUKTUREN/SEHENSWÜRDIGKEITEN GANTRISCH	76
A1.5	SCHUTZGEBIETE	79
A2	DOKUMENTE ZU DEN EXPERTENINTERVIEWS.....	87
A2.1	INFORMATIONSBLETT FÜR DIE INTERVIEWANFRAGEN	87
A2.2	LEITFADEN FÜR EXPERTENINTERVIEWS.....	89

A1 Geodaten, Modelle, Pläne

A1.1 Geodatenverzeichnis

Tabelle 10: Verwendete Datensätze und deren Quelle

Originaldatensätze	Namen der Input Datensätze in der Grafik vom Modelbuilder (siehe Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)	Quellen
swissBOUNDARIES3D		Swisstopo
swissNAMES3D	-	Swisstopo
SwissALTI	-	Swisstopo
Bundesinventar Amphibienlaichgebiete	BI_Amphibienlaichgebiete	BAFU
Bundesinventar Moorlandschaften	BI_Moorlandschaften	BAFU
Bundesinventar Hochmoore	BI_Hochmoore	BAFU
Bundesinventar Flachmoore	BI_Flachmoore	BAFU
Bundesinventar Auen	BI_Auen1	BAFU
Smaragd-Gebiete (Schutzgebiete)	Smaragdgebiete	BAFU
Wildtierkorridore (Fauna)	WildtierkorridoreUeberregio	BAFU
Wildtierkorridore (Fauna)	WildtierkorridoreRegio	BAFU
Fliessgewässerabschnitte mit hoher Artenvielfalt oder national prioritären Arten (Lebensräume)	Fliessgew_HoheArtendivNatPrioritaer	BAFU
BLN	BLN	BAFU
Vogelzuggebiet	Vogelzuggebiet200mBuffer	James Hale, Universität Bern
TLM_GEBAEUDE_FOOTPRINT	TLM_gebaeude	Swisstopo
TLM_FLISSGEWAESSER	-	Swisstopo
TLM_STEHENDES_GEWASSER	-	Swisstopo

TLM_SCHUTZGEBIET	-	Swisstopo
Wildschutzgebiete	KtBE_wildschutzgebiete	Kanton Bern
Naturschutzgebiete	KtBE_naturschutzgebieteZ	Kanton Bern
Naturschutzgebiete	KtBE_naturschutzgebieteP	Kanton Bern
Feuchtgebiete	KtBE_flachmoore	Kanton Bern
Amphibienlaichgebiete kantonaler Bedeutung (in Vernehmlassung)	KtFR_amphibienlaichgKantBed	Kanton Fribourg
Auengebiete kantonaler Bedeutung (in Vernehm- lassung)	KtFR_auengebKantBed	Kanton Fribourg
Flachmoore kantonaler Bedeutung (in Vernehm- lassung)	KtFR_flachmooreKantBed	Kanton Fribourg
SQMroadrunner	-	FRG
SQM Messungen (ein- zelne Messungen)	-	FRG
Daten zu Aktivitäten, Se- henswürdigkeiten und Infrastrukturen im Natur- park Gantrisch	-	FRG
ch_2010-2012	Satellit_2010_2012	WSL

A1.2 Grafik aus dem Modelbuilder



Abbildung 17: Grafik aus dem Modelbuilder (zweiter Teil siehe Abbildung 18)



Abbildung 18: Grafik aus dem Modelbuilder (erster Teil siehe Abbildung 17)

A1.3 Übersichtskarte – Eignung für eine Kernzone

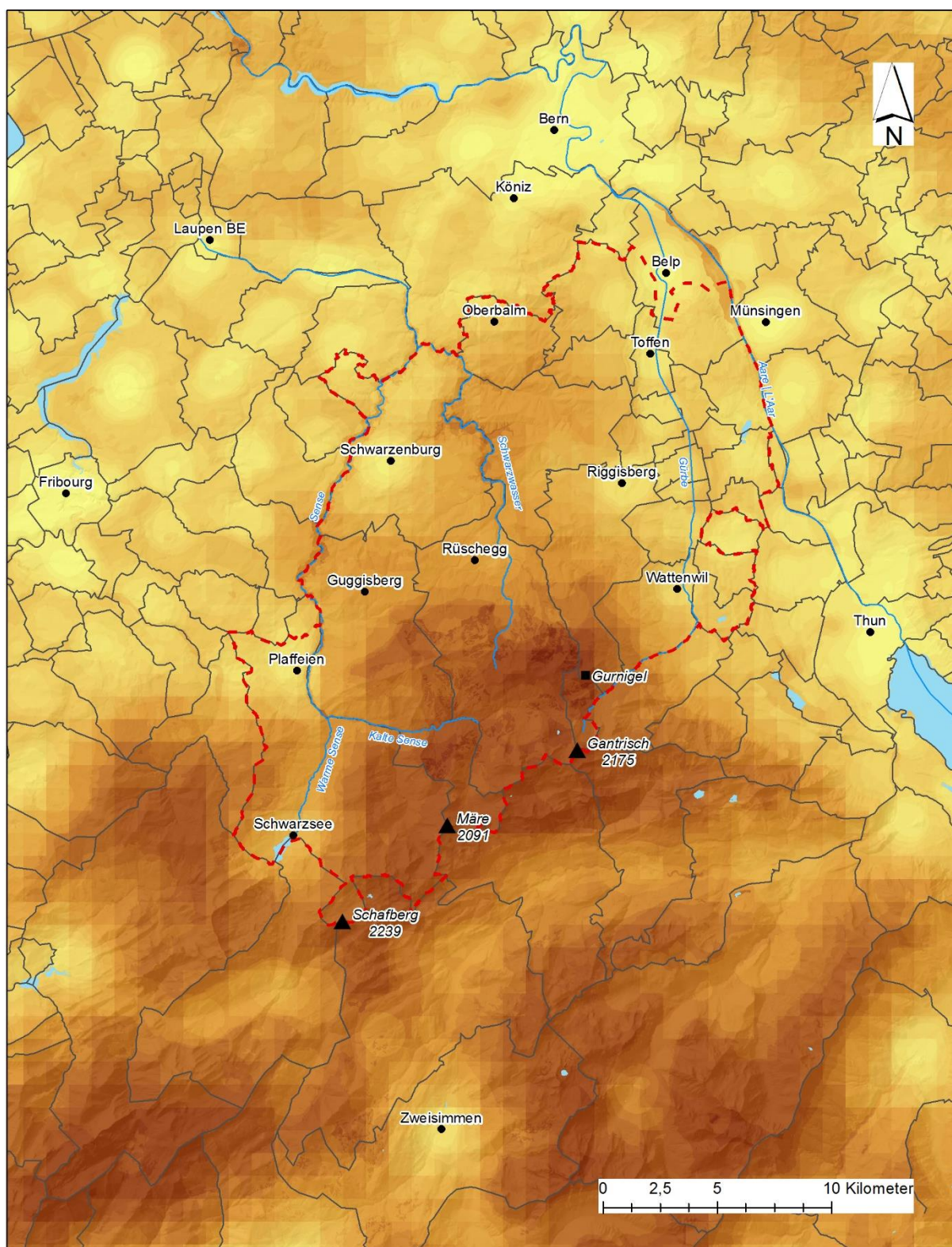


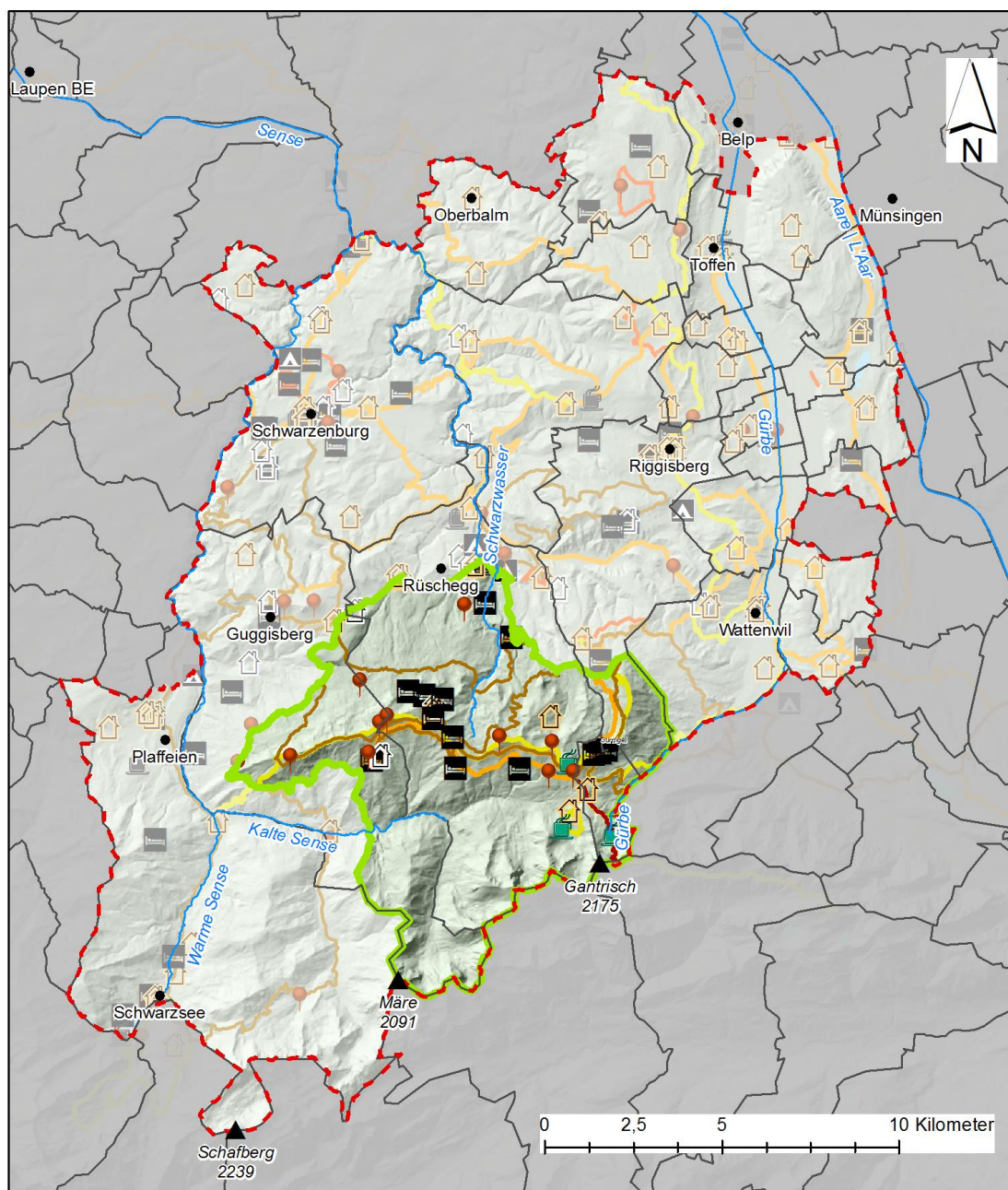
Abbildung 19: Übersichtskarte - Eignung für eine Kernzone (Legende: siehe Abbildung 20)

Legende



Abbildung 20: Legende zu Abbildung 19

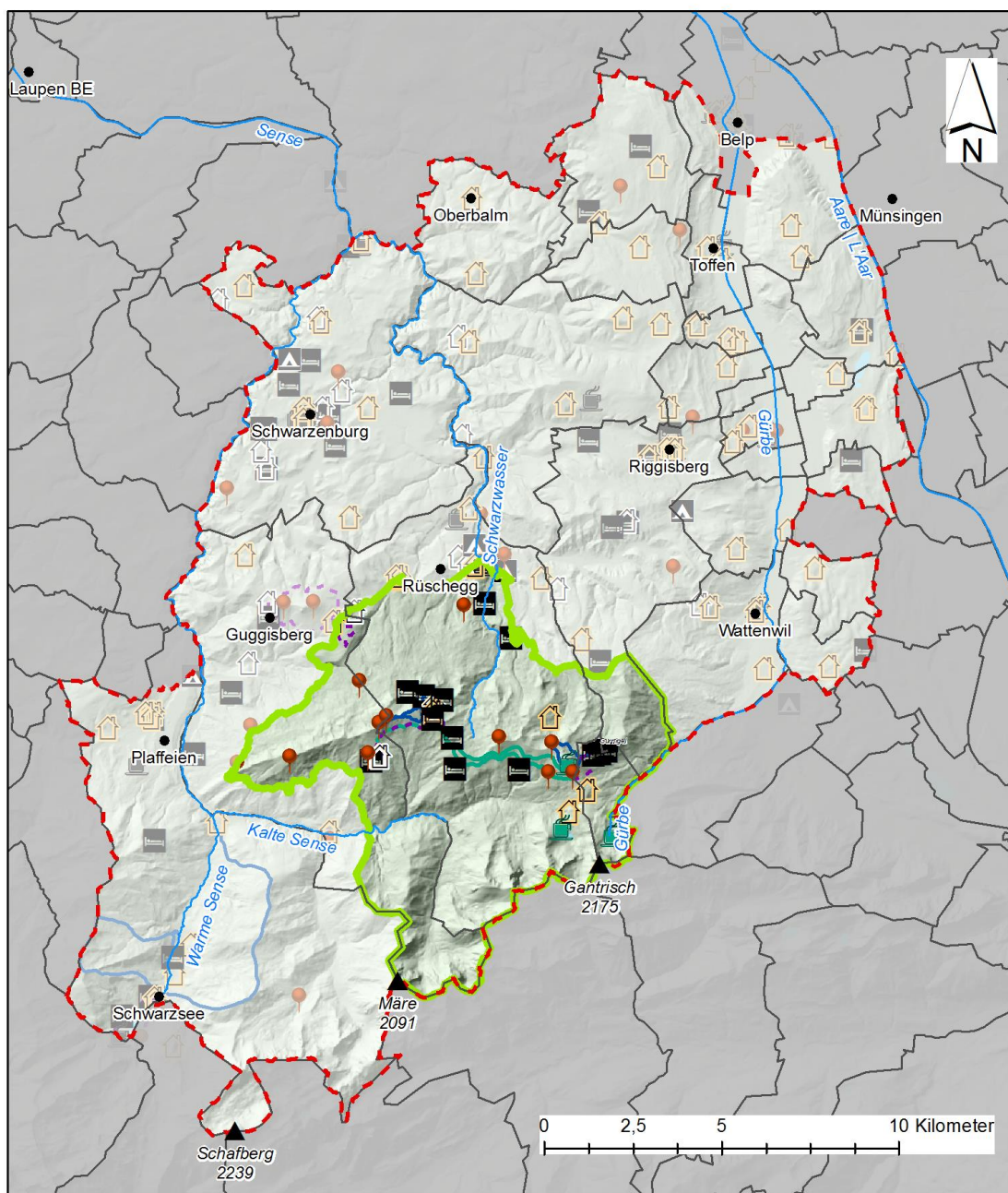
A1.4 Übersichtskarte – Aktivitäten/Infrastrukturen/Sehenswürdigkeiten Gantrisch



Legende

- | | | |
|------------------------|------------------|---------------------|
| Feuerstelle | Veloroute | Ortschaften |
| Cafe | Themenwege | Berge |
| Restaurant/Berggasthof | Wanderung | Pässe |
| Unterkunft | Mountainbiketour | Flüsse |
| Ferienwohnung | Weitere Routen | Seen |
| Camping | | Gemeindegrenzen |
| Bewirtschaftete Alp | | Kernzone |
| | | Naturpark Gantrisch |

Abbildung 21: Übersichtskarte Unterkünfte – Verpflegung – Sommeraktivitäten



Legende

- | | | |
|------------------------|-----------------|---------------------|
| Feuerstelle | Langlaufstrecke | Ortschaften |
| Cafe | Schneeschuhtour | Berge |
| Restaurant/Berggasthof | Winterwanderung | Pässe |
| Unterkunft | | Flüsse |
| Ferienwohnung | | Seen |
| Camping | | Gemeindegrenzen |
| Bewirtschaftete Alp | | Kernzone |
| | | Naturpark Gantrisch |

Abbildung 22: Übersichtskarte Unterkünfte – Verpflegung – Winteraktivitäten



A1.5 Schutzgebiete

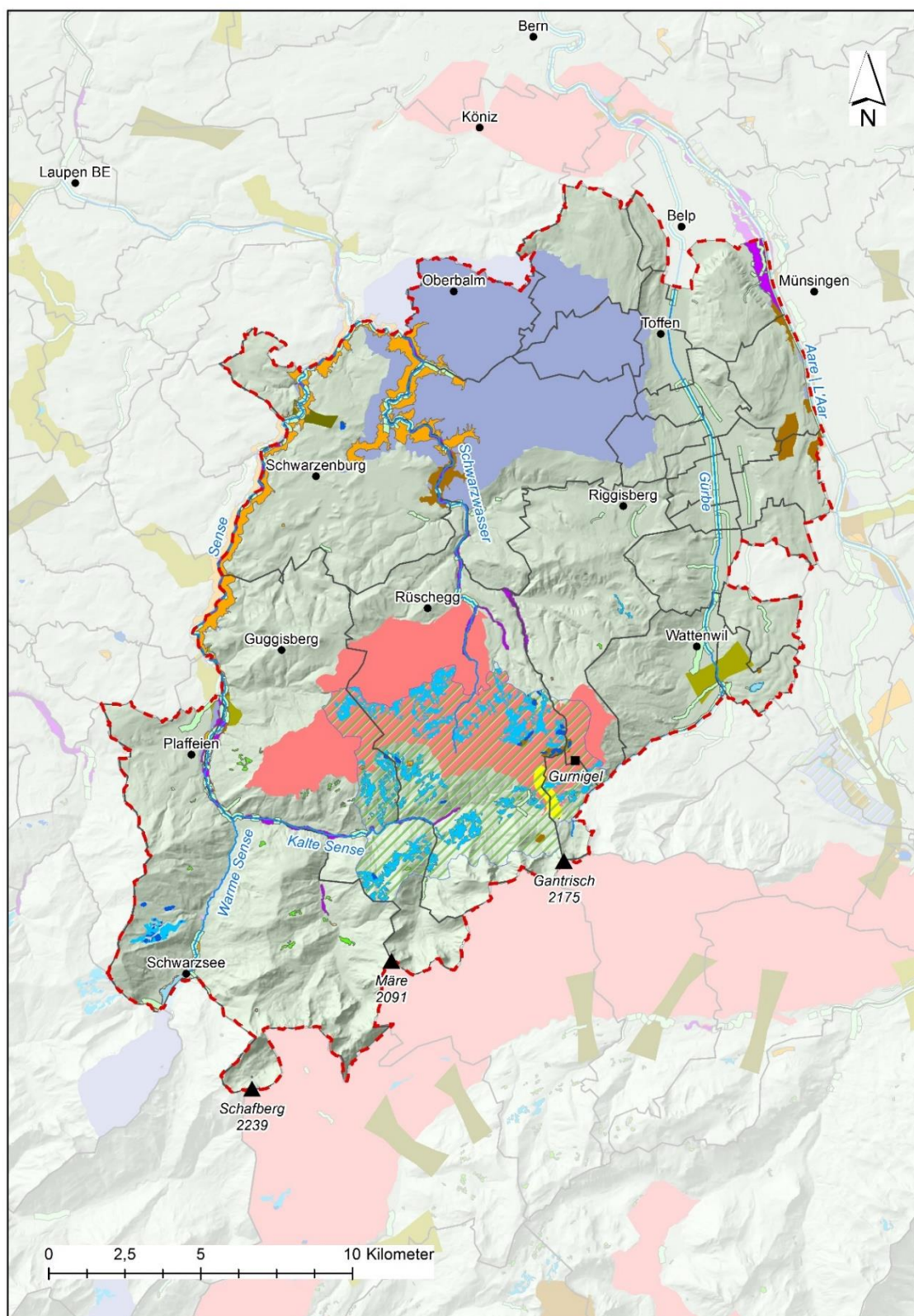


Abbildung 24: Schutzgebiete Übersicht (Legende: siehe Abbildung 25)

Legende



Abbildung 25: Legende zu Abbildung 24

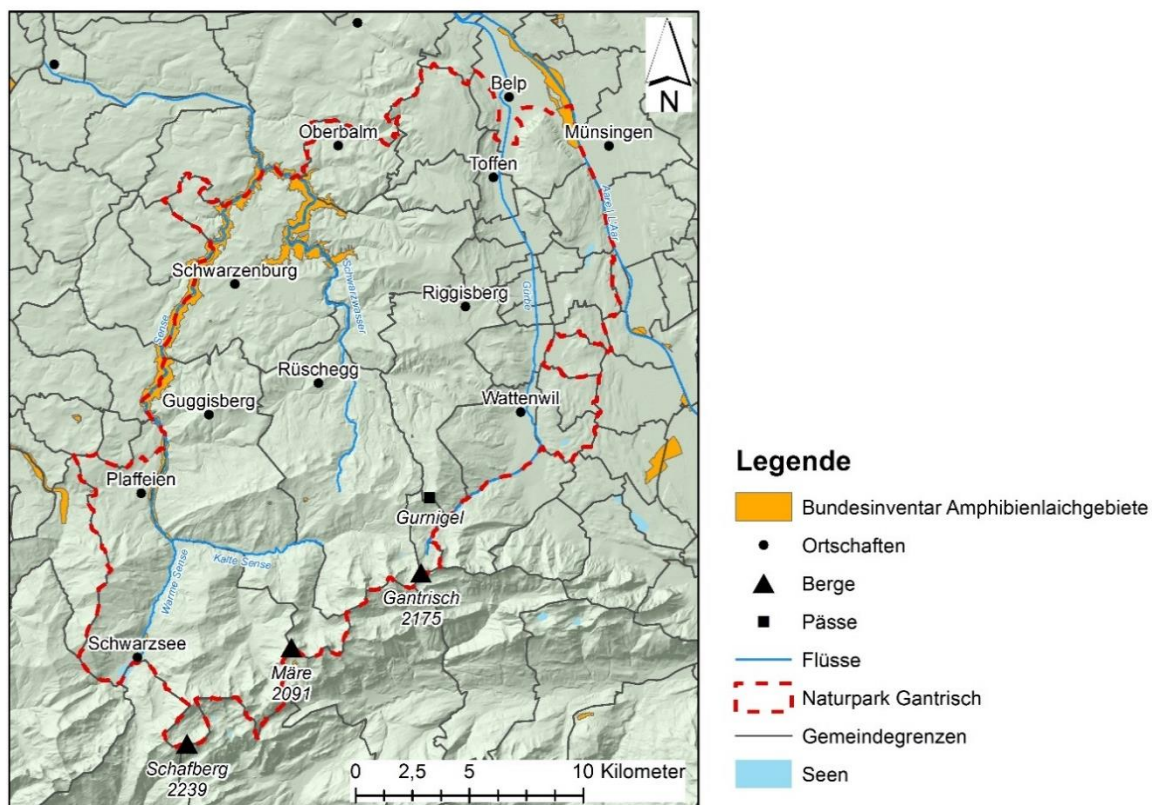


Abbildung 26: Bundesinventar Amphibienlaichgebiete

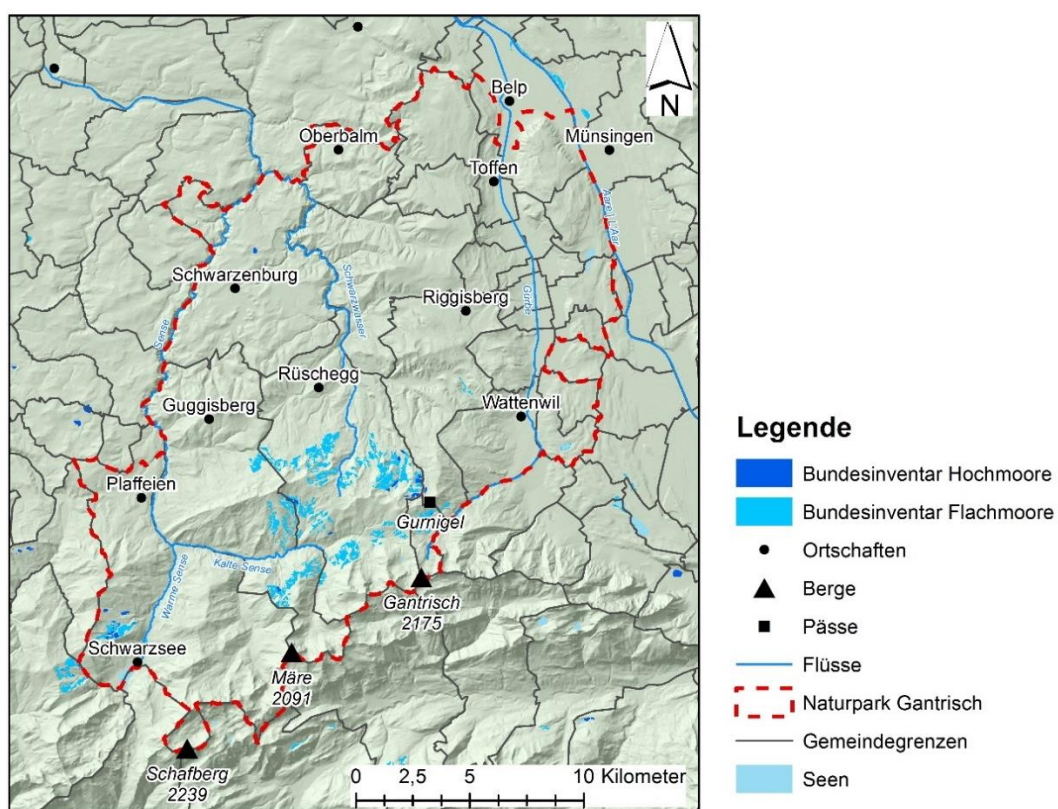


Abbildung 27: Bundesinventar der Hochmoore und Flachmoore

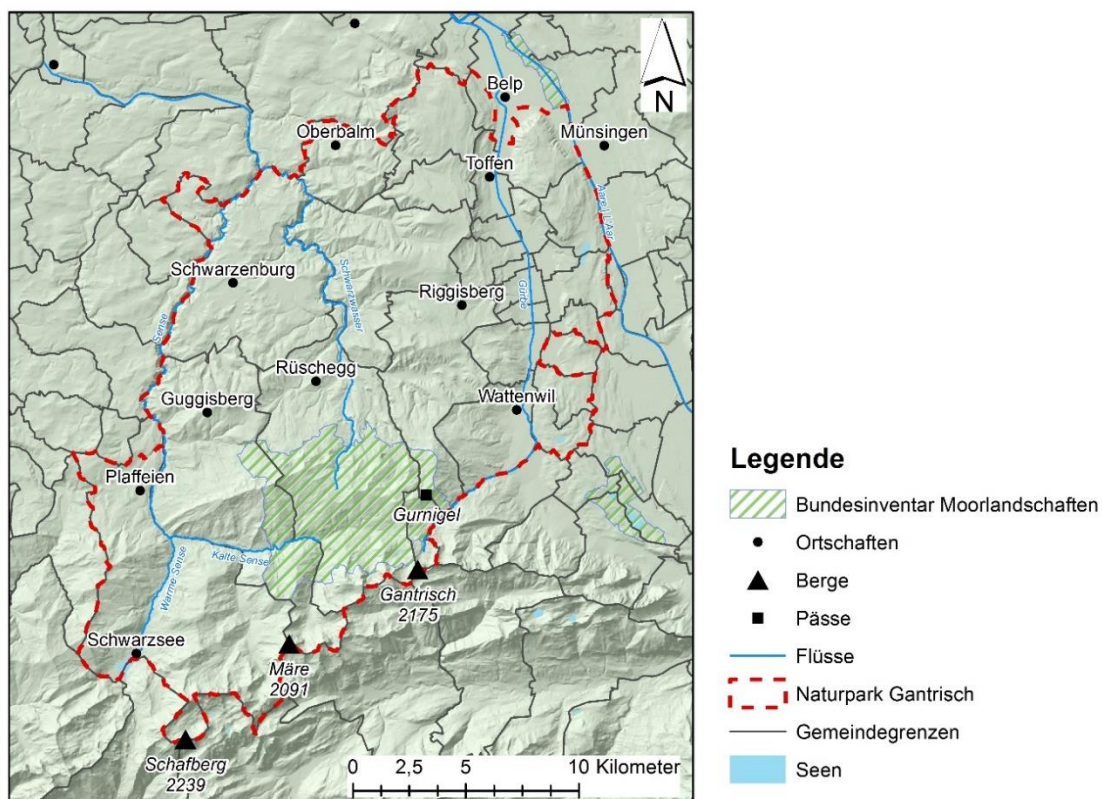


Abbildung 28: Bundesinventar der Moorlandschaften besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung

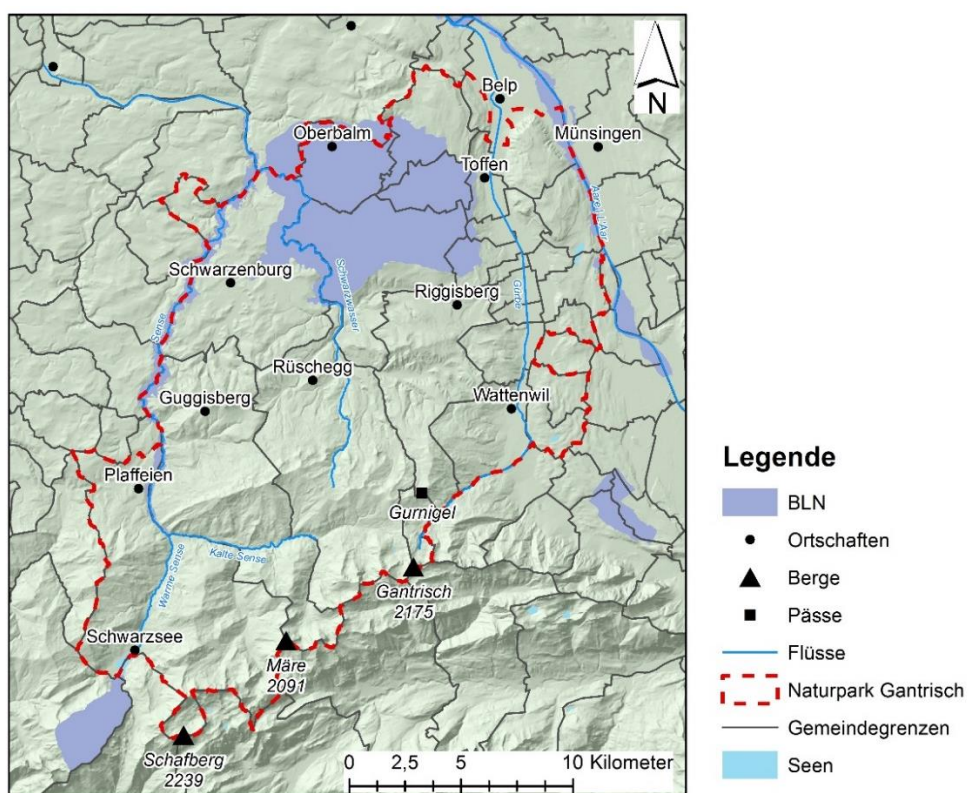


Abbildung 29: Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler

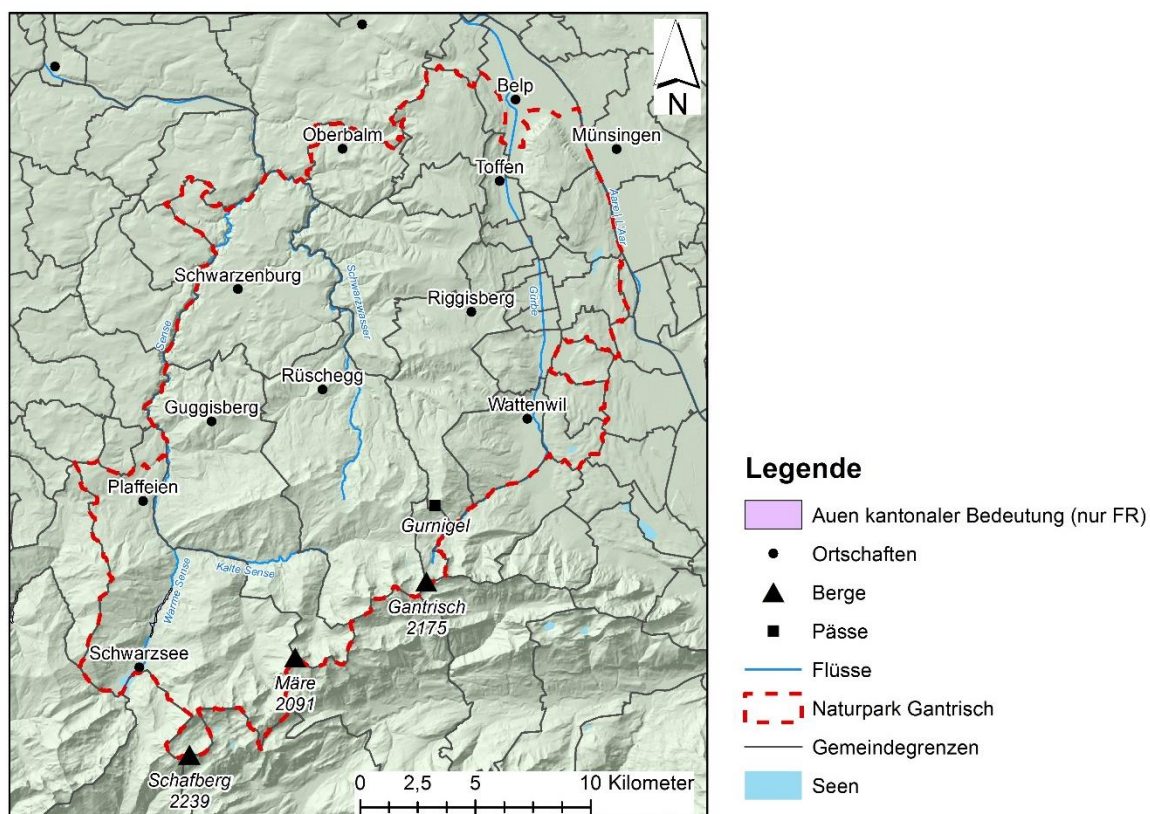


Abbildung 30: Auen kantonaler Bedeutung (FR)

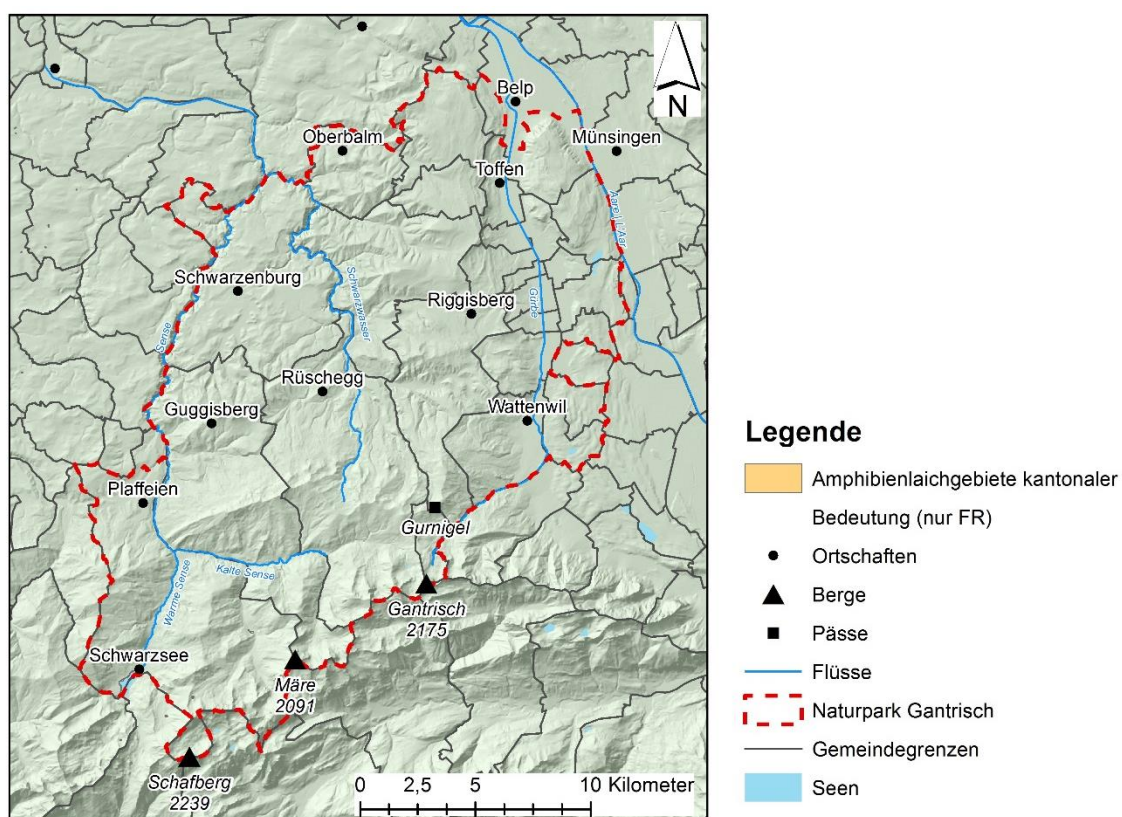


Abbildung 31: Amphibienlaichgebiete kantonaler Bedeutung (FR)

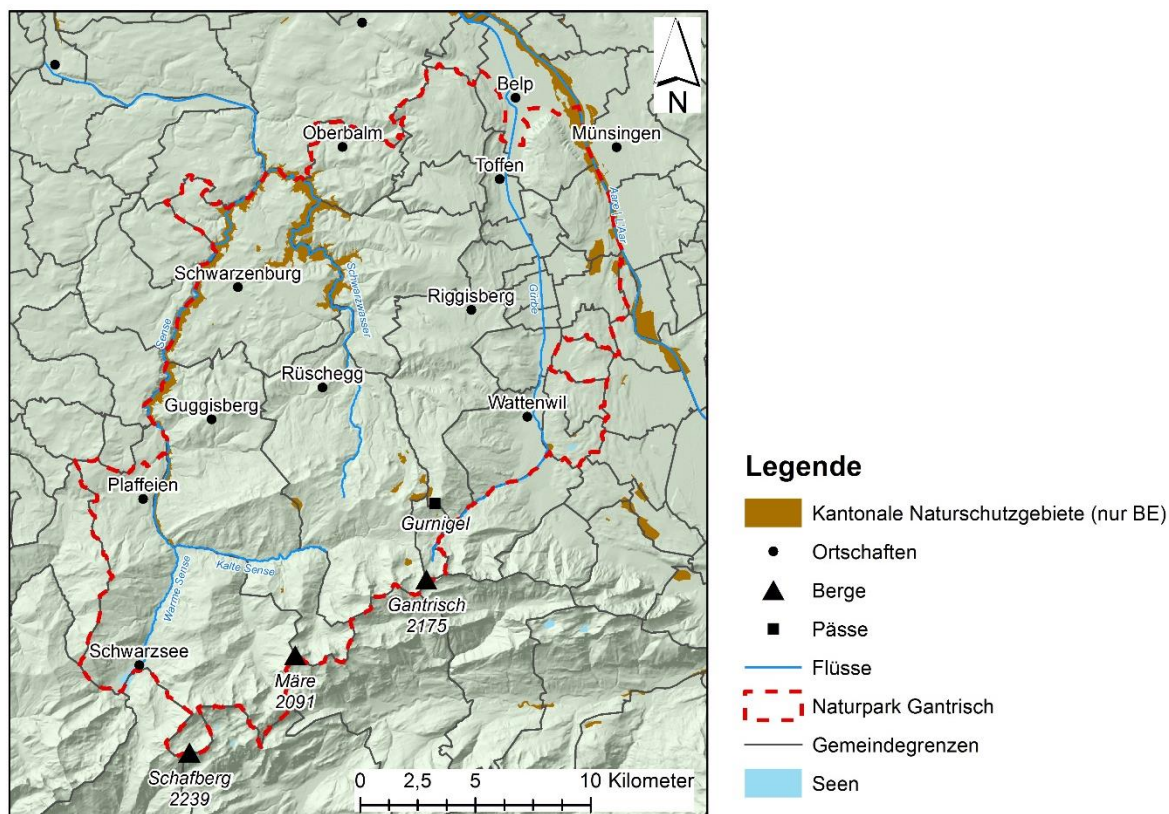


Abbildung 32: Kantonale Naturschutzgebiete (BE)

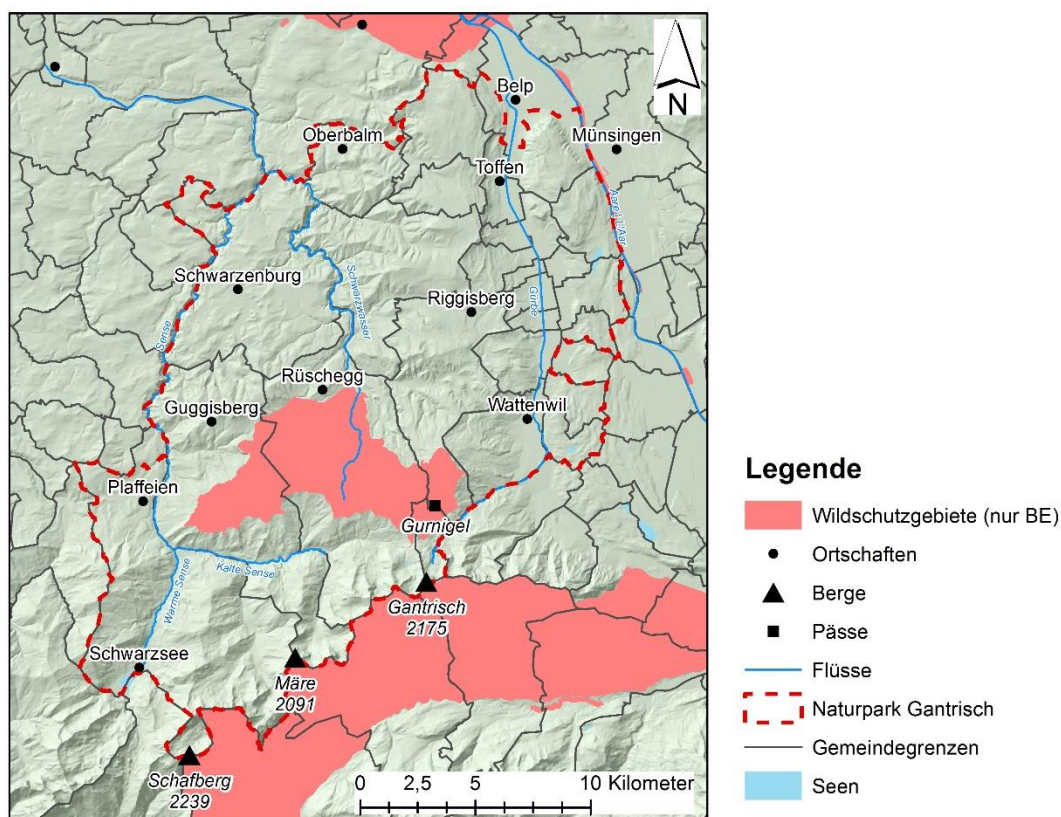


Abbildung 33: Wildschutzgebiete (BE)

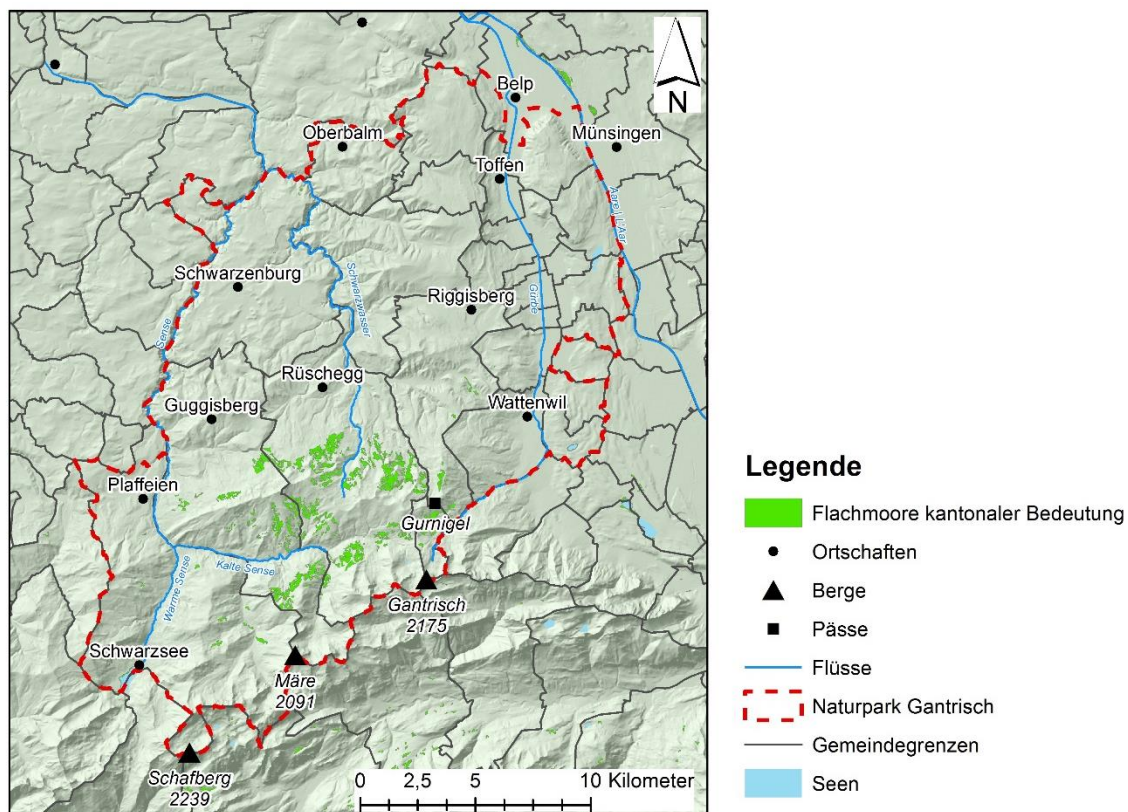


Abbildung 34: Flachmoore kantonaler Bedeutung

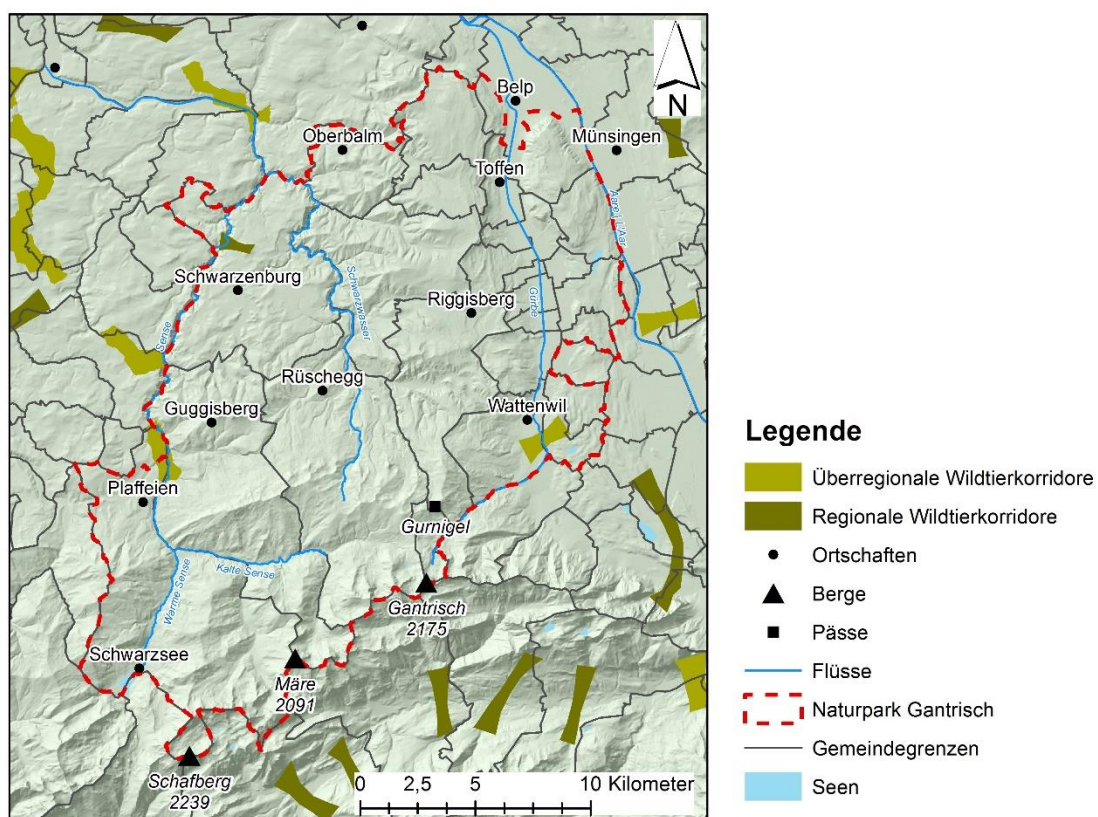


Abbildung 35: Regionale und überregionale Wildtierkorridore

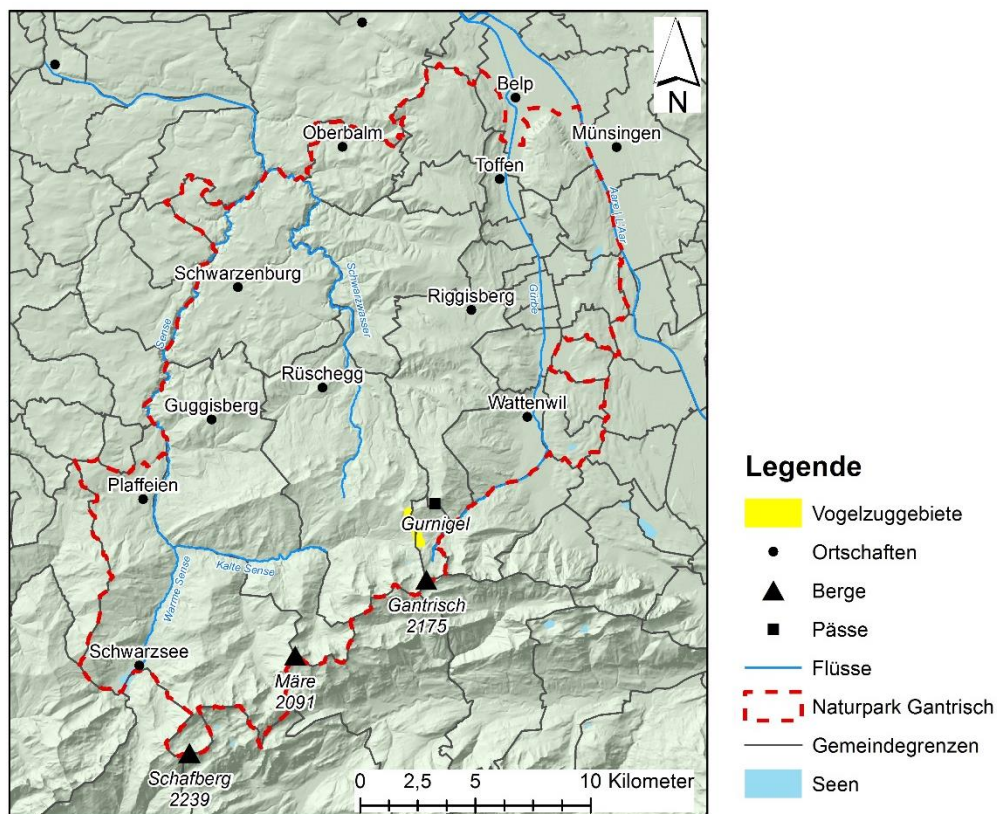


Abbildung 36: Vogelzuggebiete (basierend auf Beobachtung)

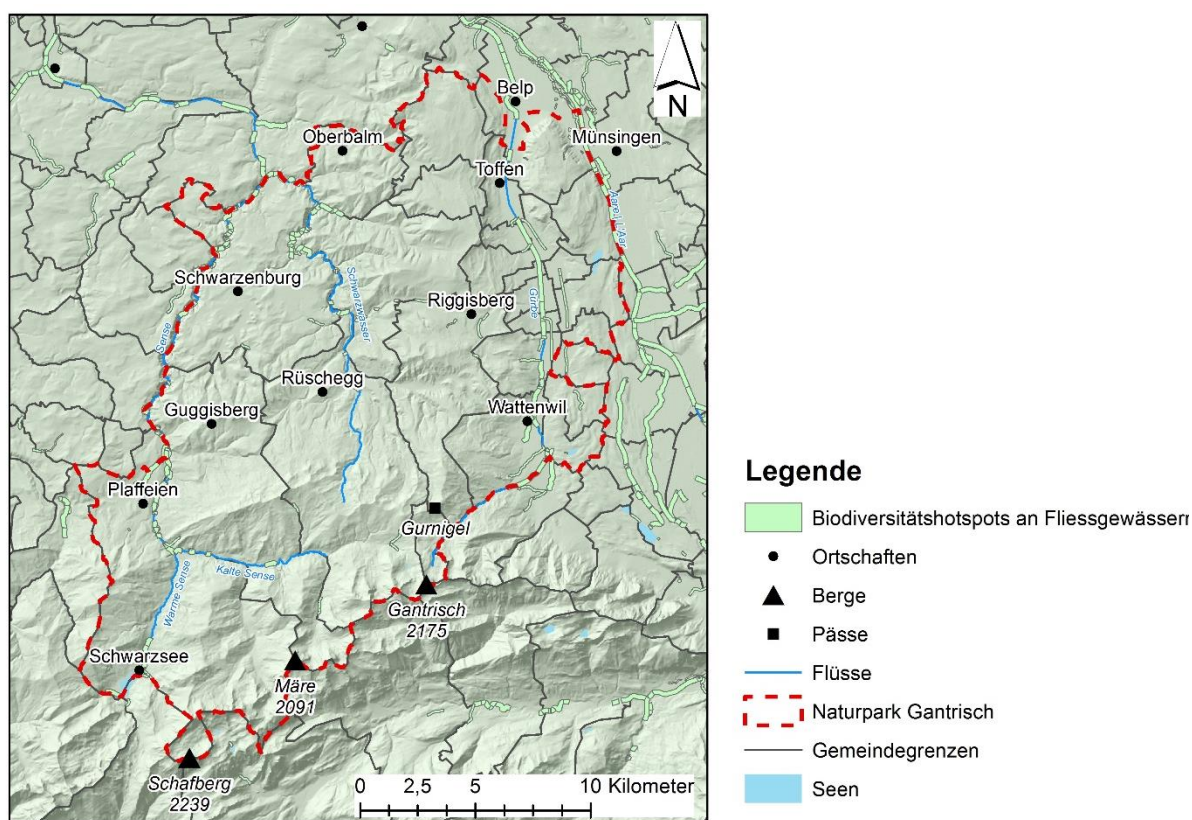


Abbildung 37: Fließgewässerabschnitte mit hoher Biodiversität und seltenen Arten

A2 Dokumente zu den Experteninterviews

A2.1 Informationsblatt für die Interviewanfragen

Bachelorarbeit Informationsblatt

Thema/Bereich:	Beleuchtung, Nachtdunkelheit, Umwelt
Titel:	Zonendefinition für Nachtdunkelheit im Naturpark Gantrisch
Autorin:	Lea Flükiger (ETHZ, D-USYS, Umweltnaturwissenschaften)
BetreuerInnen:	Sven-Erik Rabe (ETHZ, D-BAUG, PLUS) Lea Jost (Naturpark Gantrisch, Projektleiterin Wissen) Nicole Dahinden (Naturpark Gantrisch, Projektleiterin Nachtdunkelheit)
Aufwand in Credits:	10 CP (300 Stunden)

1 Einführung

Ein Ziel des Naturparks Gantrisch ist es, die Nachtdunkelheit und damit den Sternenhimmel zu schützen und zu erhalten. Um das Ziel von Schutz und Erhalt des Sternenhimmels zu erreichen, strebt der Naturpark ein Zertifikat als «Dark Sky Park» der Organisation *International Dark Sky Association (IDA)* an.

Zum Schutz der Nachtdunkelheit macht eine Einteilung des Parkperimeters in verschiedene Zonen Sinn. Das Gebiet soll unterteilt werden in Kernzone, Pufferzone und Umgebungszone, wobei die Kernzone im Vergleich zu den anderen Zonen einen besonders dunklen Nachthimmel bieten soll. Jede Zone unterliegt unterschiedlichen Beleuchtungsregeln.

2 Beitrag der Arbeit

Diese Arbeit soll als wissenschaftliche Grundlage für ein Beleuchtungskonzept im Perimeter des Naturparks Gantrisch dienen und die Zertifizierung zum Sternepark einen Schritt weiterbringen.

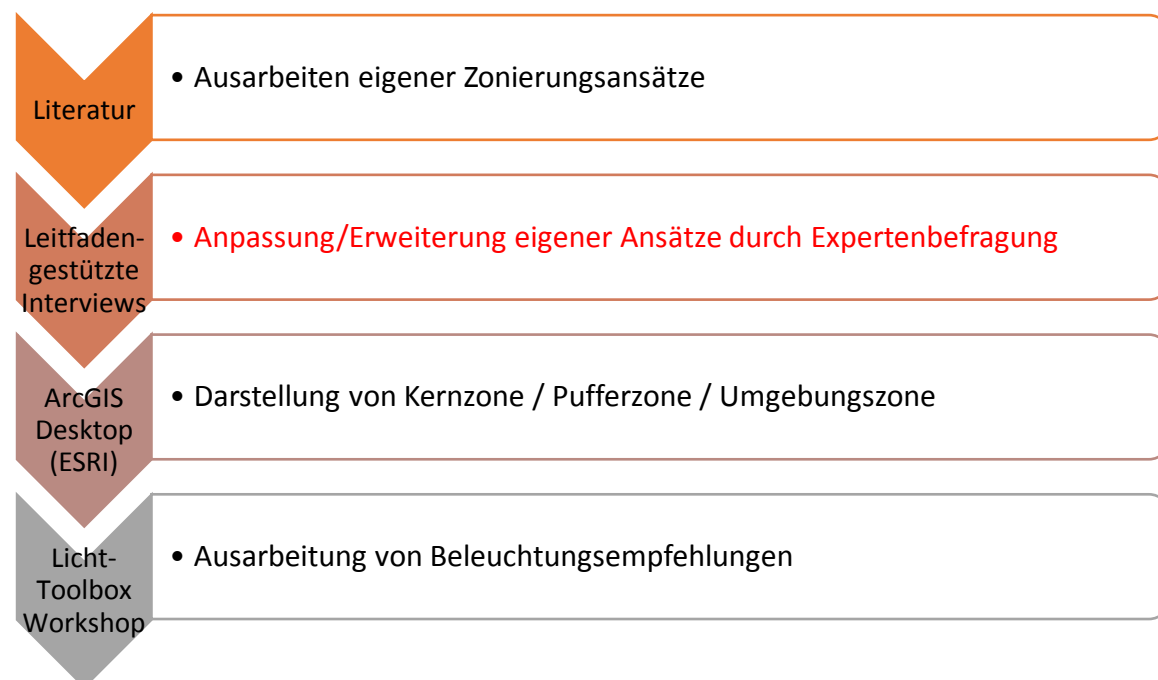
3 Forschungsfragen

In dieser Arbeit sollen die folgenden drei Forschungsfragen bearbeitet werden:

- 1) Was ist bei der Zonierung zu berücksichtigen und wie kann dabei vorgegangen werden?
- 2) Welche Grenzwerte gelten für Kernzone, Pufferzone und Umgebungszone, bzw. nach welchen Kriterien kann die Zonierung vorgenommen werden?
- 3) Was für Beleuchtungsempfehlungen kann man aufgrund der Zonierung den entsprechenden Gemeinden geben?

4 Vorgehen

Das Vorgehen lässt sich grob in folgende vier Schritte einteilen:



5 Eigener Ansatz

Folgend werden kurz meine Überlegungen für die Zonierung tabellarisch dargelegt:

	Kernzone / Pufferzone / Umgebungszone
Verlauf administrativer Grenzen	Pufferzone umfasst alle Gemeinden, welche an die Grenzen der Kernzone angrenzen
Natürliche Dunkelheit	Kernzone enthält Gebiete, welche bereits besonders dunkel sind
Verdunklungspotential	Kernzone kann auch Gebiete enthalten, welche ein grosses Potential haben, in wenigen Jahren dunkler zu werden
Zugänglichkeit	Kernzone soll zugänglich sein, Parkplätze und geeignete Orte für Himmelsbeobachtungen enthalten
Bestehende Zonierung	Bestehende Schutzgebiete ev. in Kernzone aufnehmen -> Z.B. Moorgebiet (im Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung) im Herzen des Parks ist besonders dunkel
Schützenswerte Lebensräume	Gebiete mit Arten, die sehr sensitiv auf die Veränderung von natürlichen Lichtzyklen reagieren, sollen möglichst in Kernzone sein
Topografie	Berücksichtigung hoher Gebirge, Täler, etc.
Tourismus	Wenn möglich eine Sternwarte in Kernzone oder auch andere bestehende touristische Angebote
Landnutzungspläne	Kernzone soll im Vergleich zu den anderen Zonen nur einen geringen Anteil an Bauzonen haben
Rechtliche Begebenheiten	Zonierung muss mit rechtlichen Begebenheiten übereinstimmen

A2.2 Leitfaden für Experteninterviews

Tabelle 11: Leitfaden für die Experteninterviews

Informationen über das Interview

Name der interviewten Person:

Funktion der interviewten Person:

Funktion für die Forschungsarbeit:

Datum:

Start:

Ende:

Einleitung / Begrüssung

- Begrüssung und Dank für die Möglichkeit das Interview führen zu dürfen
- Informationen zum Zweck des Interviews (Wiederholung aus Kontaktaufnahme)
- Dauer des Interviews absprechen (ca. 30-60 Minuten)
- Um Erlaubnis fragen ob das Interview aufgezeichnet werden darf (keine Transkription, Verwendung nur, falls Mitschrift nicht ausreicht, keine Weitergabe, wird gelöscht sobald die Arbeit beendet ist)

	Hauptfragen	Unterfragen
	Welches sind die wesentlichen Aspekte, die für die Zonierung in Ihrem Park/Reserve relevant waren? Bzw. Anhand welcher Kriterien wurden die Zonen definiert?	Kriterien des jeweiligen Parks wurden genannt
		Kriterien wurden erläutert
		Besonderheiten des jeweiligen Parks wurden beschrieben (z.B. spezielle Topografie) und inwiefern dies die Auswahl der Kriterien beeinflusste
		Falls das Verdunkelungspotential genannt wird: Wie wurde dieses ermittelt? Falls es nicht genannt wird: Wie würden sie vorgehen, um dieses zu ermitteln?
		Mit was für rechtlichen Aspekten wurden sie im Zusammenhang mit der Festsetzung der Zonen konfrontiert (z.B. bestehende Beleuchtungsregeln, bestehende Park-/Reservatregeln, bestehende gesetzlich verankerte Zonierungen, Privatgrundstücke etc.)? Diskutiert, wieso gewisse Kriterien aus meinem Ansatz nicht verwendet wurden
	Wie wurden die Kriterien gewichtet? Auf welche Grundlagen hat man sich bei der Gewichtung gestützt?	Gewichtung der Kriterien wurde erklärt
		Auf welche Grundlagen sie sich bei der Gewichtung stützten Möglichst konkrete Angaben zu Richtlinien der IDA, wissenschaftlichen Texten etc.
		Wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt? Wie wurde dabei vorgegangen? Was waren die Erkenntnisse?
	Welche Lichtdaten standen zur Verfügung? Wie wurde mit den Lichtdaten umgegangen? Satellitendaten SQM-Messwerte Fotoaufnahmen des Nachthimmels ... Genauer: Wie wurden die Daten technisch aufbereitet? Welche Emissionsgrenzwerte wurden für die Zonen gewählt? Auf welche Grundlagen stützte man sich bei der Ermittlung von Grenzwerten?	Verwendete Lichtdaten wurden genannt
		Zweck der jeweiligen Daten wurde erklärt
		Umgang mit den Daten wurde erklärt
		Grenzwerte der Daten für die Zonen wurden genannt
		Grundlagen, auf die man sich für die Ermittlung von Grenzwerten stützte, wurden genannt
	Wurden die Zonen mit einem GIS definiert oder lediglich verbal-argumentativ?	Erläutert, ob die Zonen lediglich verbal-argumentativ definiert wurden oder ob ein GIS verwendet wurde.

		Konkret falls eine GIS-Software verwendet wurde: Was waren spezielle Herausforderungen? Wo ist man auf Probleme gestossen? Ist man auf Grenzen gestossen, bei denen man mit der GIS-Software nicht weiterkam und auf verbal-argumentative Methoden wechseln musste?
	Welche Akteure waren im Prozess der Zonierung involviert?	Akteure , die bei der Zonierung involviert waren, wurden genannt
		Rolle dieser Akteure wurde beschrieben

Eigenständigkeitserklärung

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten verfasst zu haben. Davon ausgenommen sind sprachliche und inhaltliche Korrekturvorschläge durch die Betreuer und Betreuerinnen der Arbeit.

Titel der Arbeit:

Zonendefinition für Nachtdunkelheit des Sterneparks Gantrisch

Verfasst von:

Name:

Flükiger

Vorname:

Lea

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

- Ich habe keine im Merkblatt *Zitier-Knigge* beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe alle Personen erwähnt, welche die Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft werden kann.

Ort, Datum:

Zollikerberg, 05.01.2018

Unterschrift:

