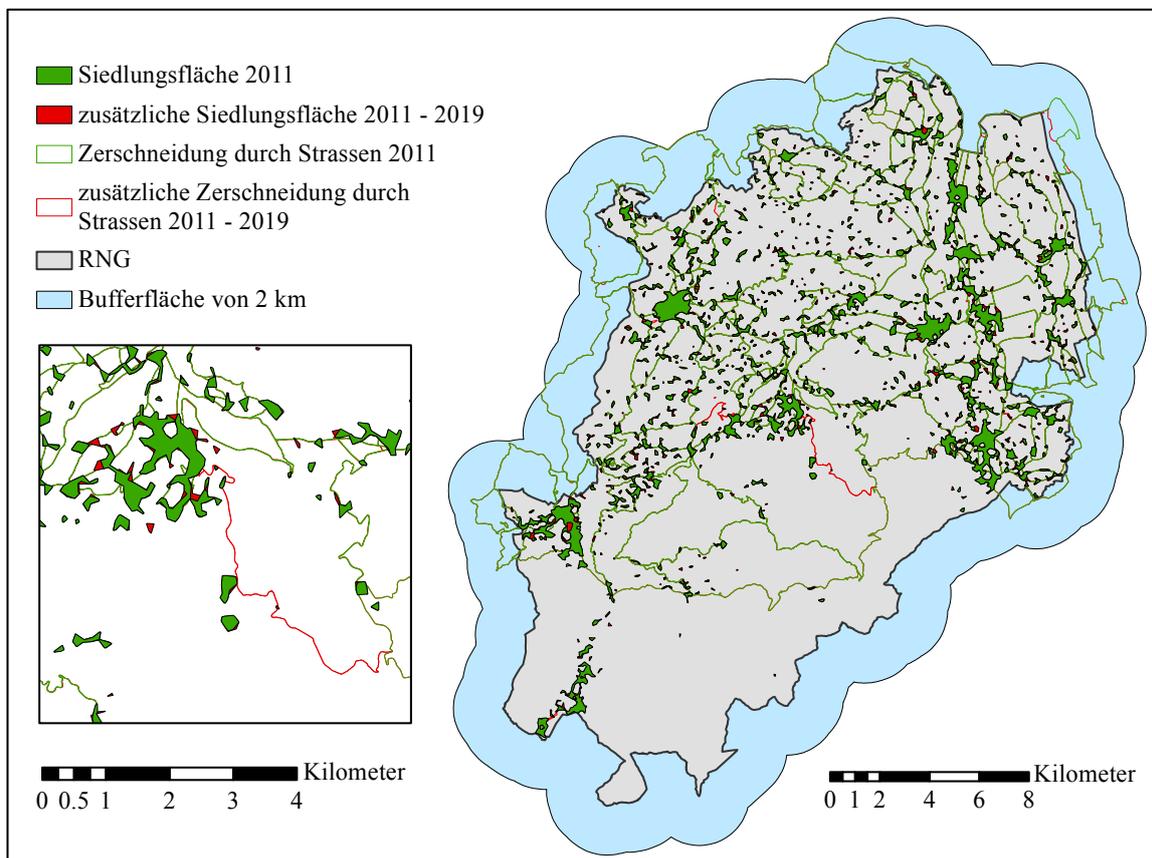


Regionaler Naturpark Gantrisch
Claudia Vonlanthen, Projektleiterin Wissen
& Nicole Dahinden, Projektleiterin Baukultur & Landschaftsbilder

Eine Auswahl an quantitativen Indikatoren für das Monitoring der Landschaftsentwicklung im Regionalen Naturpark Gantrisch; eine GIS Analyse



Forschungsarbeit im Rahmen des Bachelor Minor Nachhaltige Entwicklung der Universität Bern

Maja V. Schneider
Olympiaweg 7, 3042 Orschwaben
Matrikelnummer: 17-115-890
maja.schneider@students.unibe.ch

Januar 2021

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten hat der menschliche Einfluss auf die Umwelt drastisch zugenommen. Der Druck auf Landschaften ist gestiegen, wobei Landschaftsveränderungen oft schleichend geschehen und nicht direkt sichtbar sind. So ist es wichtig, Landschaftsveränderungen anhand eines Monitorings zu erkennen und zu verfolgen, um Landschaften schützen zu können. Während im Regionalen Naturpark Gantrisch bereits differenzierte Ansätze zu einem qualitativen Landschaftsmonitoring bestehen, fehlt die Bearbeitung quantitativer Aspekte, die explizit auf die Gegebenheiten dieses Parks bezogen sind.

In dieser Arbeit wird darauf eingegangen und es werden die vier quantitativen Indikatoren *Waldfläche*, *Versiegelung*, *Gebäude ausserhalb der Bauzone* und *Zerschneidung* untersucht. Dazu wird eine GIS Analyse durchgeführt, basierend auf den Swiss TLM 3D Vektordaten für die Jahre 2011 und 2019. Somit wird eine Momentaufnahme der gewählten Indikatoren festgehalten und es werden Trends besprochen, die sich bereits in dieser Zeitperiode zeigen. Durch die genaue Beschreibung des Vorgehens bei der GIS Analyse wird eine Art Anleitung geschaffen, mit der die Erfassung der vier Indikatoren in Zukunft wiederholt werden kann. So wird ein Beitrag zu einem Langzeitmonitoring geleistet.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Nachhaltige Entwicklung und Landschaft	1
1.2 Landschaftsmonitoring in der Schweiz	3
1.3 Herausforderungen in der Landschaftsentwicklung der Schweiz	4
1.4 Untersuchungsgebiet: Regionaler Naturpark Gantrisch	8
1.5 Landschaftsmonitoring im Regionalen Naturpark Gantrisch	10
1.6 Fragen und Ziele	12
2. Methoden	14
2.1 Datengrundlage	14
2.2 Datenaufbereitung	16
3. Resultate	17
3.1 Indikator 1: Versiegelung	17
3.1.1 Relevanz	17
3.2.2 Vorgehen	18
3.2.3 Ergebnisse	20
3.2 Indikator 2: Zerschneidung	22
3.2.1 Relevanz	22
3.2.2 Vorgehen	23
3.2.3 Ergebnisse	24
3.3 Indikator 3: Waldfläche	27
3.3.1 Relevanz	27
3.3.2 Vorgehen	28
3.3.3 Ergebnisse	29
3.4 Indikator 4: Gebäude ausserhalb der Bauzone	30
3.4.1 Relevanz	30
3.4.2 Vorgehen	31
3.4.3 Ergebnisse	32
4 Diskussion	34
5 Fazit	39
6 Dank	I
7 Abbildungsverzeichnis	II
8 Tabellenverzeichnis	III
9 Literaturverzeichnis	IV
10 Datenquellen	VI

1. Einleitung

1.1 Nachhaltige Entwicklung und Landschaft

Im Jahr 1987 wurde von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission) in dem Bericht «Our Common Future» folgende Definition für eine Nachhaltige Entwicklung formuliert: «Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs» (WCED 1987). Diese Definition beinhaltet zwei Schlüsselkonzepte. Einerseits das Konzept der Bedürfnisse, wobei vor allem die Bedürfnisse der Armen als Priorität behandelt werden sollen, andererseits wird auf Grenzen eingegangen «imposed by the state of technology and social organization on the environment's ability to meet present and future needs» (WCED 1987).

Auf dieses Nachhaltigkeitsverständnis stützt sich auch die Schweiz und verankert Forderungen bezüglich einer Nachhaltigen Entwicklung in der Bundesverfassung. Artikel 2 («Zweck») hält die Nachhaltige Entwicklung als ein Staatsziel fest (Art. 2 Abs. 2 BV), wobei Artikel 73 («Nachhaltigkeit») besagt, dass «Bund und Kantone [...] ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits» anstreben sollen (Art. 73 Abs. 1 BV).

Durch eine Nachhaltige Entwicklung werden gleichzeitig soziale, ökologische und ökonomische Ziele verfolgt. Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (2003) hält fest, dass eine gesellschaftliche und wirtschaftliche Neuorientierung gefordert ist, um eine sozial gerechte und gleichzeitig ökologisch dauerhafte Entwicklung zu erreichen. Wenn eine solche Zielsetzung «zentral mit der gerechten Verteilung von Ressourcen und Lasten verbunden» ist, kann ein Rahmen geschaffen werden, der es ermöglicht, dass eine Entwicklung langfristig auch ökonomisch sein kann (BUWAL 2003).

Das BUWAL (2003) erkennt in der Landschaft eine besondere Bedeutung bezüglich einer Nachhaltigen Entwicklung. Landschaften sind vom Menschen wahrgenommene Gebiete, die aus einer Wechselwirkung von natürlichen und/ oder kulturellen Faktoren entstehen. Sie widerspiegeln die menschliche Lebensweise und deren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Die europäische Landschaftskonvention hält Landschaften als Schlüsselemente für das Wohl des Einzelnen und die Gesellschaft fest (Rey et al. 2017).

Die Wichtigkeit der Landschaften ist im Bewusstsein der schweizerischen Bevölkerung durchaus präsent. Dies zeigt sich unter anderem in landschaftsrelevanten Abstimmungen, wie zum Beispiel der Rothenthurminitiative, der Revision des Raumplanungsgesetzes, oder der Zweitwohnungsinitiative, die allesamt von der Bevölkerungsmehrheit angenommen wurden. Dass Landschaften wertvolle kulturelle, aber auch physisch-materielle Ökosystemleistungen erbringen, ist bekannt. Dennoch werden diese in ökonomischen Analysen oft unterschätzt (Rey et al. 2017).

Solche Ökosystemleistungen wurden im Millenium Ecosystem Assessment (2005) in verschiedene Kategorien unterteilt. Vom Bundesamt für Umwelt (2018) werden diese folgendermassen beschrieben:

- *Lebensraumleistungen* werden dadurch vollbracht, dass Landschaften als Lebens – und Reproduktionsräume für Pflanzen und Tiere dienen.
- *Trägerleistungen* werden durch Gebäude und Infrastrukturen beansprucht, die die Landschaft als Untergrund nutzen.
- *Produktionsleistungen* entstehen, sobald Landschaften Nahrungsmittel, Pflanzenfasern, Holz, Brennstoffe oder andere Produkte produzieren.
- *Regulierungsleistungen* entstehen durch die Regeneration erneuerbarer Ressourcen (Wasser, Luft und Boden) und die Regulierung der natürlichen Dynamik (Hochwasser, Lawinen etc.).
- *Kulturelle Leistungen* bieten Landschaften zum Beispiel, indem sie als Erholungsraum dienen, die Gesundheit fördern oder zur Identifikation beitragen können, also ein Gefühl von «Heimat» auslösen können (BAFU 2018).

Dass diese Ökosystemleistungen mit Vorsicht genutzt werden müssen und reines Wasser, saubere Luft, fruchtbare Böden und eine reiche Biodiversität nicht unbegrenzt sind, wurde erst in jüngster Vergangenheit zu einem wachsenden Thema (Rey et al. 2017). Im internationalen Millenium Ecosystem Assesment (2005) wurde festgehalten, dass sich mehr als die Hälfte aller Ökosysteme ungünstig entwickeln. Diese Entwicklungen gehen entgegen dem Sinn einer Nachhaltigen Entwicklung, die das Ziel hat, die Landschaftsqualität möglichst zu erhalten oder zu steigern. Da sich Landschaftsqualität daran messen lässt, ob Landschaftsleistungen dauerhaft erbracht werden können, sollen diese in einer Nachhaltigen Entwicklung erhalten oder gesteigert werden (BAFU 2018).

Für einen nachhaltigen Umgang mit der Landschaft ist ein reflektiertes und verantwortungsvolles Handeln gefragt. Dabei muss zwischen Nutzungsrechten an Grund und Boden und öffentlichen Interessen an der Landschaft abgewogen werden (BUWAL 2003).

Einen wichtigen Stellenwert ordnet das BUWAL (2003) den Regelungen bezüglich des Umgangs mit nichterneuerbaren Ressourcen sowie den kulturellen Werten der Landschaft zu. Es hält jedoch fest, dass die heutigen Regelungen eine Wirtschaftsweise fördern, welche einen übermässigen Verbrauch nichterneuerbarer Ressourcen verursacht und kritisiert, dass die Gesellschaft auf lokaler Ebene ihre globale Verantwortung zu wenig wahrnimmt (BUWAL 2003).

1.2 Landschaftsmonitoring in der Schweiz

Die Beobachtung der Landschaftsveränderung ist zentral, um Herausforderungen zu identifizieren und schafft so eine wichtige Grundlage für die Landschaftsplanung und – politik (Wartmann & Hunziker 2020). Ein solches Monitoring ist jedoch methodisch sehr komplex und stellt viele Herausforderungen. Zum Beispiel verläuft die Landschaftsveränderung oft schleichend, wodurch geeignete Indikatoren gefunden werden müssen, die über einen längeren Zeitraum immer auf die gleiche Art und Weise erhoben und analysiert werden können. Dies ist daher keine leichte Aufgabe, da sich Zielsetzungen im Laufe der Zeit ändern und so verschiedene Aspekte von Interesse sind. Weiter ändern sich die technischen Möglichkeiten der Datenerhebung und -erfassung laufend (Rey et al. 2017). Dennoch bestehen verschiedene Untersuchungen zu den Landschaftsentwicklungen in der Schweiz. Grosse Fortschritte wurden mit der Untersuchung «Landschaft unter Druck» erzielt, die den Landschaftswandel in der Zeitperiode 1984 und 1995 analysierte. Diese Erhebungen wurden zu späteren Zeitpunkten mehrmals aktualisiert.

2007 begann das Programm «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES), welches seither bereits zwei Publikationen veröffentlichte. Darin wurden 30 Indikatoren festgehalten, die bezüglich der Qualität der Landschaften der Schweiz aussagekräftig sind. Diese wurden mitunter auch aufgrund der verfügbaren Datengrundlage gewählt. Von den 30 Indikatoren zeigen 18 den Zustand physisch/ materieller Aspekte auf, wobei 12 weitere sogenannte Wahrnehmungsindikatoren sind. Somit werden im Bericht von 2017 erstmals naturräumliche mit wahrnehmungsbasierten Daten verglichen (Rey et al. 2017). Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) führte 2009 eine

ExpertInnenumfrage durch, die zukünftige Herausforderungen für die Landschaften der Schweiz sowie dabei entstehenden Forschungsbedarf herausarbeitete. So wurde wiederum ein Beitrag zur Entwicklung der Erhebungsinstrumente von LABES geschaffen. Weiter konnten die gewonnenen Erkenntnisse zu einer vertieften Diskussion im Forum «Früherkennung Biodiversität und Landschaft» beitragen (Wartmann & Hunziker 2020).

Erst vor kurzen wurde durch den Rat für Raumordnung (ROR) der Bericht «Megatrends und Raumentwicklung Schweiz» verfasst. Darin wird auf die grossen Veränderungsprozesse eingegangen, die sich zukünftig auf die Räume und somit auch Landschaften der Schweiz auswirken werden (ROR 2019).

Im Jahr 2020 wurde bereits die zweite Erhebung der LABES durchgeführt, die wiederum die Veränderung physischer Aspekte der Landschaft im Zusammenhang mit der Wahrnehmung der Bevölkerung betrachtete. Im selben Jahr wurde ebenfalls zum zweiten Mal im Auftrag des BAFU eine Umfrage unter ExpertInnen durchgeführt, die Herausforderungen in der Landschaftsentwicklung der Schweiz aufzeigt (Wartmann & Hunziker 2020). Die Erkenntnisse daraus werden in Kapitel 1.3 besprochen.

Weitere Beiträge leisten das Forum «Früherkennung Biodiversität und Landschaft» und das Forum «Landschaft, Alpen, Pärke» (FoLAP), die sich ebenfalls der Landschaftsentwicklung und Herausforderungen diesbezüglich widmen (Wartmann & Hunziker 2020).

1.3 Herausforderungen in der Landschaftsentwicklung der Schweiz

Eine aktuelle Erfassung der Herausforderungen, die in Anbetracht der Landschaftsentwicklung in der Schweiz bestehen, wurde im Auftrag des BAFU 2019/2020 anhand einer Umfrage unter ExpertInnen erstellt. Daraus ergaben sich neun Themenfelder, in welchen jeweils unterschiedliche Herausforderungen bestehen. Die Ergebnisse aus den ExpertInnen-Interviews werden im folgenden Kapitel kurz vorgestellt (Wartmann & Hunziker 2020).

Landwirtschaft

In der Landwirtschaft besteht ein Strukturwandel der von ExpertInnen als Herausforderung gesehen wird. Mit der zunehmenden Industrialisierung wurden Gebäude immer grösser und heben sich so zunehmend von der Umgebung ab. Eine anhaltende Bautätigkeit wird auch

dadurch vorangetrieben, dass Regelungen bezüglich des Tierwohls grössere Ställe erfordern. Diesen fehlt es jedoch oft an qualitativer und ästhetischer Hochwertigkeit.

Während die Berglandwirtschaft durch grosse finanzielle Unterstützung aufrechterhalten wird, birgt auch dies verschiedene Probleme in Bezug auf den Landschaftsschutz. Finanzielle Beiträge führen mitunter zu einer Intensivierung von früher extensiv genutztem Land. So können sich Direktzahlungen auch negativ auf die Landschaft auswirken, indem beispielsweise Feldwege geteert werden und somit die Zerschneidung der Landschaft vorangetrieben wird. In diesem Sinne hat die Direktzahlungspolitik eine landschafts- und biodiversitätsschädigende Wirkung. «Gemäss verschiedenen ExpertInnen sind die Direktzahlungen zu wenig auf eine ökologisch nachhaltige Produktion ausgerichtet», so Wartmann & Hunziker (2020).

Weitere Herausforderungen entstehen durch vielseitige Interessenskonflikte. So bestehen beispielsweise Flächenkonflikte, wobei landwirtschaftliche Flächen durch die Siedlungsentwicklung, aber auch durch Ökoflächen sowie Schutzgebiete verloren gehen. Weiter bilden Landwirtschaftsgebiete einen Erholungsraum für die städtische Bevölkerung, wodurch die Nachfrage nach Erholungsinfrastrukturen steigt. Gleichzeitig wird eine solche Nutzung von der Landwirtschaft nicht als wünschenswert gesehen.

Tourismusentwicklung

Der starke Anstieg an Tourismus ist eine weitere Herausforderung für die Landschaftsentwicklung. Auch hier bestehen Interessenkonflikte. TourismusexpertInnen fordern eine Tourismusinfrastuktur ausserhalb der Bauzonen, was jedoch im Konflikt mit den Regelungen der Raumplanung steht. Weiter wird der Ausbau touristischer Infrastruktur von ExpertInnen «aus Umwelt, und Naturschutz, Landschaftsschutz und Raumplanung kritisch beurteilt» (Wartmann & Hunziker 2020). Von ihnen wird auch «die Nachhaltigkeit von grossen Tourismusprojekten in Frage gestellt. ExpertInnen führen die zunehmenden schädlichen Auswirkungen des Tourismus auf Natur und Landschaft als Herausforderung auf» (Wartmann & Hunziker 2020).

Weitere Herausforderungen liegen in der geographischen Verteilung der Tourismusinfrastrukturen. Es besteht die Frage, ob ein Fokus auf Gebiete gelegt werden soll, in denen bereits Tourismusinfrastrukturen bestehen, oder ob Gebiete mit weniger Infrastrukturen ein Tourismus gefördert werden soll, der weniger Infrastruktur benötigt und dennoch wirtschaftlich wertvoll ist.

Bauen ausserhalb der Bauzone / Zersiedlung

Eine von ExpertInnen als dringend wahrgenommene Herausforderung besteht in der wachsenden Zersiedlung. Demnach ist es von grosser Bedeutung, dass das Bauen ausserhalb der Bauzonen gebremst wird. Wie bereits beim Thema «Landwirtschaft» angesprochen, sind auch hier grosse landwirtschaftliche Anlagen, die ausserhalb der Bauzone errichtet werden, Teil der Problematik.

Klimawandel

Der Klimawandel hat vielseitige sichtbare sowie unsichtbare Einflüsse auf die Landschaftsentwicklung. Diese sind räumlich unterschiedlich, wobei beispielsweise in urbanen Räumen eine zunehmende Herausforderung durch die länger werdenden Hitzeperioden besteht. Durch die zunehmende Trockenheit wird sich der gesamte hydrologische Kreislauf der Schweiz verändern, wodurch unter anderem Lebensräume in Fließgewässern durch Austrocknung bedroht sind. Davon sind auch Moorlandschaften betroffen, die zudem noch dadurch unter Druck geraten, dass von der Landwirtschaft das Bedürfnis genannt wird, aus Mooren Wasser zu entnehmen. Weitere Herausforderungen entstehen aus dem zunehmenden Verlust der Gletscher, die nicht nur für den Wasserhaushalt, sondern auch für den Tourismus von grosser Bedeutung sind.

Siedlungsentwicklung, urbaner Raum und Naherholung

Die Siedlungsentwicklung nach innen ist ein wichtiger Bestandteil der Bremsung der Zersiedelung. Um diese voranzutreiben fehlen jedoch noch gesetzliche Grundlagen sowie ein geeignetes Monitoring. Weiter wurde von ExpertInnen die Qualität der Innenentwicklung als grösste Herausforderung gesehen. Es sollen Frei- und Grünräume geschaffen oder erhalten werden. Diese sollen erschlossen sein und zur Erholung der Bevölkerung dienen können. Auch wird die Qualität der Bauten, die innerhalb der Bauzonen errichtet werden, zum Teil in Frage gestellt. Weiter besteht eine Problematik darin, dass Altstädte an Attraktivität verlieren, durch den Wegfall vieler Läden aufgrund des Aufkommens alternativer Einkaufsformen.

Infrastrukturentwicklung

Bei der Infrastrukturentwicklung geht es darum, wo neue Infrastrukturen errichtet werden und wie sich diese in die Umgebung eingliedern. Davon ist auch der Verkehr betroffen, der immer mehr an Kapazitätsgrenzen gelangt. Weiter geht es um Infrastrukturen zur Erzeugung von

erneuerbaren Energien, die oft in Standortkonkurrenz mit Natur- und Landschaftsräumen stehen.

Biodiversität, Naturschutz, Landschaftsschutz

Eine weitere grosse Herausforderung wird in der mangelnden institutionellen Struktur sowie mangelnden finanziellen Ressourcen für den Natur- und Landschaftsschutz gesehen. Hier ist auch die Mitwirkung der Bevölkerung von Bedeutung, hier gilt es, die Motivation der Bevölkerung aufrechtzuerhalten, den Natur- und Landschaftsschutz zu unterstützen.

Von ExpertInnen genannte Risiken für Arten und Ökosysteme liegen in der zunehmenden Landschaftsfragmentierung sowie den fehlenden Grünkorridoren.

Verhältnis Gesellschaft und Landschaft, Landschaftsverständnis

Vielseitige Herausforderungen entstehen durch die Differenz zwischen der Wahrnehmung von Landschaft und Landschaftsentwicklung und dem tatsächlichen Zustand.

So wird beispielsweise von einer Art Sehnsuchtslandschaft gesprochen, die sich die Bevölkerung vorstellt und die vom Tourismusmarketing gefördert wird, was aber im Kontrast zur Realität steht, in der solche Landschaften nicht mehr existieren. Oft wird die Landschaftsveränderung von der Bevölkerung kaum wahrgenommen, da diese meist schleichend stattfindet. So werden zwar Veränderungen wie Überbauungen kritisiert, unüberbaute Flächen jedoch generell als positiv eingestuft, auch wenn diese nicht zwingend ökologisch wertvoll sind. Auch fehlt mehrheitlich die Akzeptanz gegenüber einer Verdichtung urbaner Räume, obwohl diese besonders bedeutend ist, um freie Landschaften zu schützen. Wartmann & Hunziker (2020) halten aus den geführten Interviews ebenfalls fest, dass «das immer stärker individualisierte Freizeitverhalten und das steigende Erholungsbedürfnis einer in zunehmend verstäderten Gebieten lebenden Bevölkerung [...] zu steigenden Ansprüchen an die Landschaft im ländlichen Raum [führt]».

Institutionelle Herausforderungen

Eine institutionelle Problematik besteht im Milizsystem der Gemeinden. Diesen fehlt es oft an Ressourcen und Kompetenzen, um mit Herausforderungen umzugehen. Anstatt einer integrierten Landschaftssicht herrscht weitgehend eine sektorielle Sicht, die es schwierig macht, Landschaftsentwicklung kohärent zu planen.

Zwar besteht ein Potential zu gemeinde-, kantons- und länderübergreifender Landschaftsentwicklung, wobei auch bereits einige positive Beispiele bestehen, dennoch wird dieses Potential aber noch zu wenig genutzt.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass die Politik selbst in verschiedenen Formen Einfluss auf die Landschaft und die Landschaftsentwicklung hat, wobei die Umsetzung der gesetzlichen Massnahmen noch unzureichend ist (Wartmann & Hunziker 2020).

1.4 Untersuchungsgebiet: Regionaler Naturpark Gantrisch

Der Regionale Naturpark Gantrisch (RNG) erstreckt sich über eine Fläche von 404 km² und befindet sich im Städtedreieck Bern-Thun-Fribourg. Er umfasst 20 Gemeinden, wobei 19 im Kanton Bern liegen und eine im Kanton Fribourg und zählt 46'523 Einwohner (RNG 2020). Das Gebiet zeichnet sich durch eine Reihe verschiedener Landschaftstypen aus (siehe Abbildung 1). Darunter Auenlandschaften, Moorlandschaften, Flusslandschaften, Berglandschaften, Siedlungslandschaften und landwirtschaftlich geprägte Landschaften. «Die ursprünglichsten Naturlandschaften befinden sich dabei in den Canyons von Sense und Schwarzwasser, den Hochmooren in der Moorlandschaft Gurnigel-Gantrisch und in der gemeinsam mit dem Naturpark Gruyère Pays-d'Enhaut erschlossenen Urlandschaft Brecca. Grundsätzlich ist aber auch die durch die Landwirtschaft geprägte Kulturlandschaft aus der Geschichte und der Morphologie des Geländes heraus in einem guten Zustand» (FRG 2014).

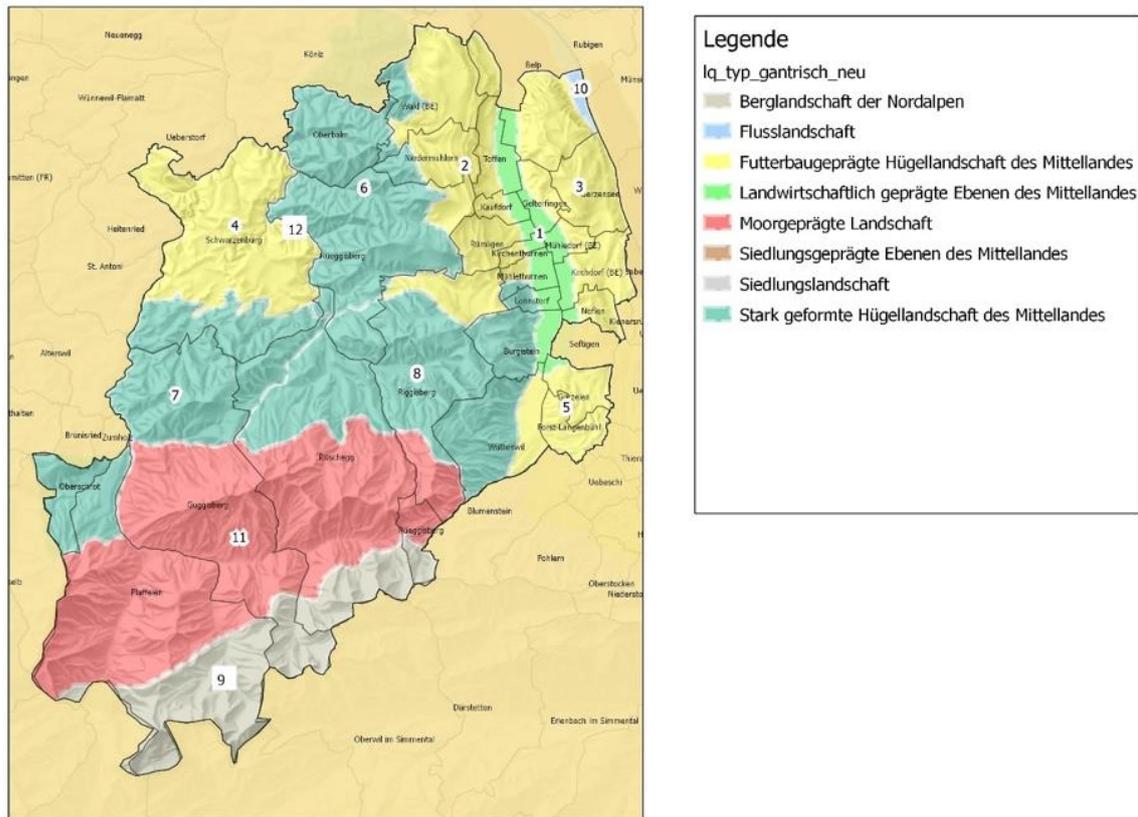


Abbildung 1: Landschaftstypen im Regionalen Naturpark Gantrisch (FRG 2014).

Im Jahr 2012 wurde der RNG als Regionaler Naturpark von nationaler Bedeutung zertifiziert. Pärke von nationaler Bedeutung zeichnen sich durch hohe Natur- und Landschaftswerte aus (RNG 2019). Dazu zählen Aspekte wie «die Vielfalt und Seltenheit der einheimischen Tier- und Pflanzenarten sowie ihrer Lebensräume; die besondere Schönheit und die Eigenart der Landschaft; einen geringen Grad an Beeinträchtigungen der Lebensräume einheimischer Tier- und Pflanzenarten sowie des Landschafts- und Ortsbildes durch Bauten, Anlagen und Nutzungen. Das Gebiet von Regionalen Naturparks und von Umgebungszonen in Nationalparks zeichnet sich zudem aus durch die Einzigartigkeit und besondere Qualität der Kulturlandschaft sowie durch kulturhistorisch bedeutungsvolle Stätten und Denkmäler» (Art. 15 Abs. 1-2 PÄV). Im Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) werden Regionale Naturparks folgendermassen definiert: «Ein Regionaler Naturpark ist ein grösseres, teilweise besiedeltes Gebiet, das sich durch seine natur- und kulturlandschaftlichen Eigenschaften besonders auszeichnet und dessen Bauten und Anlagen sich in das Landschafts- und Ortsbild einfügen» (Art. 23 Abs. 1-2 NHG).

Der Förderverein Region Gantrisch ist Träger des Projekts RNG und koordiniert und fördert die Zusammenarbeit und Vernetzung in der Region. Dabei werden Ziele der Bereiche

Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt verfolgt. Es geht darum die Landschaften langfristig zu erhalten und gleichzeitig eine regionale Wertschöpfung zu erlauben und somit eine nachhaltige Wirtschaft zu fördern (RNG 2020).

Eine Umfrage, die die «Lebensqualität in Verbindung mit Nachhaltigkeit im Regionalen Naturpark Gantrisch» (Wiesli et al. 2020) thematisiert, zeigt, dass für die 786 befragten Bewohner des RNG Natur und Landschaft besonders wichtig sind und sie mit diesen Aspekten auch sehr zufrieden sind. 92% der Befragten sind sich bewusst, dass sie in einem Naturpark wohnen, wobei 44% der Befragten angaben, sich für den Naturpark zu interessieren. Obwohl dies bedeutet, dass sich ungefähr die Hälfte der Befragten nicht für den Park interessiert, «zeigen [weitere] Ergebnisse durchaus ein klares Abbild davon, welche Erwartungen die Befragten bezüglich der nötigen Entwicklungen in ihrer Region haben» (Wiesli et al. 2020). Besonders zufrieden «sind die Befragten mit der «Sicherheit vor Naturgefahren» (87%) und mit der «Qualität der Strasseninfrastruktur» (84%). Auch mit der «Schönheit und Unversehrtheit der Landschaft» [...] sind rund 80% und mehr der Befragten zufrieden. Gleichzeitig werden die drei Bereiche «Bereitstellung erneuerbarer Energien», «Bildung und Sensibilisierung für Umwelt und Nachhaltigkeit» sowie «Raumplanung: Verhinderung der Überbauung von Grünflächen» von 34 bis 43% der Befragten als verbesserungswürdig eingestuft» (Wiesli et al. 2020).

1.5 Landschaftsmonitoring im Regionalen Naturpark Gantrisch

Der LABES Indikator 6 «Landschafts- und Naturschutzgebiete des Bundes» beinhaltet den Indikator 6a «Pärke von nationaler Bedeutung», worin die Perimeter der Pärke von nationaler Bedeutung sowie die Fläche des Schweizerischen Nationalparks erfasst werden (Rey et al. 2017).

Weiter besteht für Pärke von nationaler Bedeutung das Instrument zur Bewertung der Veränderung im Bereich Natur- und Landschaft (IBVNL). Dieses kommt zum Einsatz, wenn sich eine Region bewirbt, um als Park nationaler Bedeutung zertifiziert zu werden. Ab diesem Zeitpunkt trägt das Instrument zudem dazu bei, Veränderungen und umgesetzte Massnahmen zu erfassen und beurteilen. So dient das Instrument zur Beurteilung der Veränderung der Natur- und Landschaftswerte. Es hilft weiter aufzuzeigen, «wo neue Beeinträchtigungen stattgefunden haben und ob vorhandene Beeinträchtigungen gemindert oder behoben werden konnten. Und

bei welchen Veränderungen der Park [...] einen Beitrag geleistet hat und welche Rolle er eingenommen hat» (Schweizer Pärke 2020).

Damit wird eine Grundlage geschaffen, aus der Tendenzen und Schwerpunkte für den Park definiert werden können (Schweizer Pärke 2020).

Um das Instrument anzuwenden, steht Projektverantwortlichen ein Handbuch des BAFU zur Verfügung, welches unter anderem Methoden der Felddatenerhebungen und Auswertung sowie Kriterien, Auswertungsmodelle und Informationen zu erhobenen Daten beinhaltet. Dadurch soll die Bestimmung, ob ein Gebiet die erforderlichen Qualitäten für einen Regionalen Naturpark aufweist, erleichtert werden (Struber 2008).

Ein weiteres Instrument besteht in der Strategie «Orts- und Landschaftsbilder» (OLB). Darin sind Leitsätze sowie konkrete Massnahmen enthalten. Die Strategie OLB hat empfehlenden Charakter auf Regions- und Gemeindeebene. Die Nachhaltige Entwicklung der OLB liegt bei den Gemeinden. Die Funktion des RNG besteht darin, Gemeinden miteinander zu vernetzen, Leitsätze zu entwickeln und wichtige Aufgaben voranzutreiben und zu unterstützen. In der Strategie OLB des RNG, die 2014 entstand, sind folgende Leitsätze festgehalten, die für alle Landschaftseinheiten gelten (siehe Abbildung 1):

- «Erhaltung und Aufwertung der Charaktere dieser verschiedenartigen Landschaftseinheiten
- Erhalt der Vielfalt der landschaftsprägenden Strukturen
- Erhalt und Neupflanzung von markanten Einzelbäumen
- Erhalt der Kulturlandfläche, insbesondere durch konsequente Waldrandpflege» (FRG 2014)

Für die einzelnen Landschaftstypen wurden daneben noch weitere individuelle Leitsätze formuliert (FRG 2014). Ob diese Leitsätze eingehalten werden, wurde 2016 im Bericht zur Umsetzung der Strategie OLB und zum Zustand der Landschaft im Naturpark Gantrisch (FRG 2016) geprüft. Dabei wurde festgehalten, dass die oben genannten Leitsätze in allen Landschaftseinheiten eingehalten worden und alle Landschaften nach wie vor intakt sind.

Weiter formuliert die Strategie OLB Leitsätze zu den Ortsbildern, die als Empfehlungen für alle Parkgemeinden gelten. Sie sollen bei Ortsplanungsrevisionen sowie Überarbeitungen des Baureglements als eine Art «roter Faden» dienen. Die Leitsätze der Ortsbilder umfassen die Unterthemen «Dorfgestaltung», «Gebäudeansicht», «Umgebungsansicht» und «Umwelt» (FRG 2014). Auch diese wurden 2016 evaluiert. Mittels einer Befragung wurde geprüft, ob die

Leitsätze angewandt worden sind und ob diese dazu beitragen konnten Diskussionen auszulösen und Impulse zu geben. Dabei wurden Erfahrungen und Beispiele gesammelt (FRG 2016).

Innerhalb der vier Handlungsfelder «Zusammenarbeit», «Lernen», «Standortattraktivität» und «Beobachtung» wurden in der Strategie OLB zudem konkrete Umsetzungsmassnahmen formuliert, die folgender Zielsetzung folgen: «Die Vielzahl an bedeutenden Orts- und Landschaftsbildern ist zu erhalten und nachhaltig zu fördern. Die kulturhistorischen Objekte und besondere Landschaftselemente sind in den Ortsplanungen verstärkt aufzunehmen und innerregional zu koordinieren. Optische Attraktivität des Parks und die emotionale Bindung zum Park sind zu steigern. Die Aufwertungen der Orts- und Landschaftsbilder sind festzuhalten, zu visualisieren und öffentlich zu machen. Behörden, Bevölkerung und Gäste sind für die speziellen Orts- und Landschaftsbilder verstärkt zu sensibilisieren» (FRG 2014). 2016 wurde der Stand der jeweiligen Massnahmen sowie offengebliebene Fragen festgehalten (FRG 2016).

Aufbauend auf der Strategie OLB wurde im Rahmen einer Projektarbeit von Sara Gasser (2018) ein Instrument entwickelt und erprobt, welches gezielt die Beobachtung der Veränderung der Landschaftsbilder im RNG ermöglichen soll. ExpertInnen-Interviews dienten hier als Methode zur Erarbeitung des Monitoring-Instruments. Auf eine Analyse von quantitativen Daten wurde dabei bewusst verzichtet.

1.6 Fragen und Ziele

Es bestehen noch wenige strategische Ansätze zu einer flächendeckenden Erfassung und Analyse von quantitativen Indikatoren, die die Landschaftsentwicklung des RNG aufzeigen. Dazu soll diese Arbeit mittels folgender Fragen und Ziele einen Beitrag leisten.

Fragen:

- Was für quantitative Indikatoren können mittels einer GIS Analyse zur Beschreibung des Zustands sowie der Entwicklung der Landschaft im RNG dienen?
- Wie kann die GIS Analyse so gestaltet werden, dass sie in Zukunft wiederholt werden kann und so eine kontinuierliche Beobachtung der Indikatoren ermöglicht wird?
- Welche Veränderungen der Landschaft können anhand dieser Indikatoren bereits aufgezeigt werden?

Ziele:

- Es soll eine Momentaufnahme für verschiedene quantitative Indikatoren erstellt und somit der Ist-Zustand der Landschaften im RNG ein Stück weit erfasst werden. Damit wird ein Referenzpunkt für künftige Forschungsarbeiten geschaffen.
- Durch einen Vergleich mit früheren Zeitpunkten soll eine bisherige Entwicklung der gewählten Indikatoren aufgezeigt werden.
- In der Aufzeigung der Vorgehensweise bei der GIS Analyse soll eine Art Anleitung für die künftigen Erfassungen dieser Indikatoren erstellt werden, die so einen Beitrag zum Monitoring Instrument leisten kann.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit sollen als Teil der Grundlage zur heutigen sowie künftigen Beurteilung der Landschaftsentwicklung im RNG beitragen. Daraus können wiederum ein Handlungsbedarf sowie konkrete Massnahmen zum Schutz der Landschaften im RNG erarbeitet werden.

2. Methoden

Indikatoren werden aufgrund der Erkenntnisse aus bestehender Forschung zu landschaftsbeeinflussenden Faktoren sowie zu Monitoring-Systemen und des Vorhandenseins von Datensätzen gewählt. Diese werden in einer GIS-Analyse untersucht. Dabei werden jeweils eine oder mehrere Karten erstellt, die einen Eindruck der Entwicklung und des Stands des jeweiligen Indikators aufzeigen. Das Vorgehen in der GIS-Analyse wird im Kapitel 3, Resultate, genau geschildert, damit es allenfalls als Anleitung für künftige Erfassungen dienen kann. Erkenntnisse aus der Analyse werden anschliessend diskutiert. Dabei werden diese in einen gesamtschweizerischen Kontext eingeordnet.

2.1 Datengrundlage

In der GIS-Analyse wurde hauptsächlich mit den Swiss TLM 3D Vektordaten gearbeitet. Dieses dreidimensionale Topografische Landschaftsmodell von Swisstopo umfasst die gesamte Fläche der Schweiz und Lichtensteins. Es bildet die Grundlage verschiedener GIS-Datensätze sowie der Landeskarten der Schweiz. Im Swiss TLM 3D werden natürliche und künstliche Objekte sowie Namendaten in vektorieller Form beschrieben. So sind über 18 Millionen Objekte, deren Objekttyp, Lage und Form sowie weitere Attribute erfasst. Die Objekte sind in acht thematische Gruppen unterteilt.

Das Swiss TLM 3D besteht seit 2011. Frühere Datensätze wie das VECTOR25 wurden als Basisdatensätze in das TLM migriert. Nun besteht ein Aktualisierungszyklus von sechs Jahren, in dem Daten verbessert und ergänzt werden. Obwohl das TLM flächendeckend für die ganze Schweiz verfügbar ist, entspricht es noch nicht überall den endgültigen TLM-Anforderungen (Swisstopo 2019).

Für die Analyse der ausgewählten Indikatoren wurden folgende Daten-Layer verwendet:

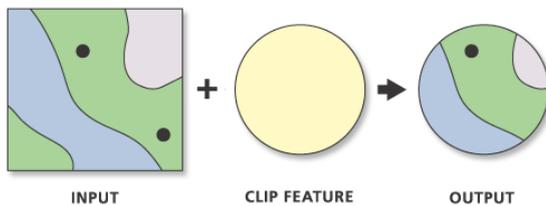
Grenzen	Hoheitsgebiete & Kantonsgebiete	Swiss TLM 3D «Grenzen» Zeitstand 2019
	Naturpark Gantrisch	Schweizer Pärke (Perimeter), ESRI Shapefile
I1: Versiegelung	Strassen	Swiss TLM 3D: «Strasse», Zeitstand 2011, 2019
	Gebäude	Swiss TLM 3D «Bauten», Zeitstand 2011, 2019
I2: Zerschneidung	Strassen	Swiss TLM 3D: «Strasse», Zeitstand 2011, 2019
	Gebäude	Swiss TLM 3D «Bauten», Zeitstand 2011, 2019
I3: Waldflächen	Wald	Swiss TLM 3D «Bodenbedeckung», Zeitstand 2011, 2019
I4: Gebäude ausserhalb der Bauzone	Bauzonen	UZP: Übersichtszonenplan, Zeitstand 2012, 2017
	Gebäude	Swiss TLM 3D «Bauten», Zeitstand 2011, 2019

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Rohdaten.

2.2 Datenaufbereitung

Folgende zwei Schritte wurden zu Beginn der Erarbeitung aller Indikatoren durchgeführt:

- Projektion: Datensätze, die sich im ehemaligen Bezugssystem CH1903 der Landesvermessung 95 befanden, wurden in das neuere Bezugssystem CH1903+ projiziert. Dies geschah anhand des GIS Tools: «Projektion definieren (Data Management)».
- Zuschnitt: Anschliessend wurden die Daten auf die Fläche des RNG zugeschnitten. Dafür wurde das Tool «Clip (Analysis)» verwendet. Damit wird ein Inputdatensatz, wie



zum Beispiel die Bodenbedeckung, entlang den Umrissen des Clip Features, in diesem Fall des Polygons des RNG ausgeschnitten.

Abbildung 2: Grafische Darstellung der Funktionsweise des GIS Tools «Clip (Analysis)» (ArcGIS Pro 2020).

Das weitere detaillierte Vorgehen wird in den Ergebnissen (siehe Kapitel 3.1.2, 3.2.2, 3.3.2, 3.4.2) geschildert.

3. Resultate

Nach den ersten Recherchen wurde bereits deutlich, dass die Wahl von Indikatoren eine sorgfältige und komplexe Herleitung erfordert, sowie eine gute Kenntnis der vorhandenen Datengrundlagen. Da die selbständige Zusammenstellung eines Indikatorenkatalogs im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war, dienten bereits bestehende Indikatorenkataloge zur Auswahl der in der GIS Analyse behandelten Aspekte.

So wurden die Indikatoren *Waldfläche*, *Versiegelung*, *Gebäude ausserhalb der Bauzone* und *Zerschneidung* gewählt. Sie sind alle ein Bestandteil des Indikatorenkatalogs des LABES sowie der GIS Analyse, die durch Siegfried (2010) im Rahmen ihrer Masterarbeit für die UNESCO Biosphäre Entlebuch durchgeführt wurde. Durch diese Auswahl von Indikatoren wird auf die drei landschaftsrelevanten Aspekte Wald, Siedlung und Landwirtschaft eingegangen, wodurch ein möglichst grosses Feld von Faktoren, die die Landschaft massgebend beeinflussen, abgedeckt wird. Auf die jeweilige Bedeutung der behandelten Indikatoren wird in den folgenden Unterkapiteln weiter eingegangen.

3.1 Indikator 1: Versiegelung

3.1.1 Relevanz

Bodenversiegelung entsteht dann, wenn durch Gebäude und Strassen undurchlässige Materialien den Boden bedecken. Der Boden wird dadurch stark beeinträchtigt, verliert seine Speicher- und Filterfunktion, die Fähigkeit Stoffe umzuwandeln und abzubauen sowie seine natürlichen ökologischen Funktionen als Lebensraum (BFS 2016). Weiter verändert sich durch die neuartige Bodenbedeckung dessen Rückstrahlungsvermögen, was sich wiederum auf das Mikroklima auswirkt. Oft werden durch Versiegelungen kleinere topographische Unterschiede ausgeebnet, wodurch die strukturelle Vielfalt verloren geht (Rey et al. 2017). Eine solche Versiegelung hat in der Schweiz innert 24 Jahren um 29% zugenommen, wobei heute 4.7% der gesamten Landesfläche versiegelt sind (BFS 2016). Dies entspricht 1'920 km² und somit etwa der Fläche des Kantons St. Gallen. Einen hohen Versiegelungsgrad zeigt vor allem das Mittelland auf, dieser liegt bei 10%. Um einiges niedriger ist dieser mit 3% an Alpennord- und Alpensüdflanke sowie in den Zentralalpen, was daran liegt, dass es im hochalpinen Raum Flächen gibt, die kaum versiegelt werden können (Rey et al. 2017).

3.2.2 Vorgehen

Um die versiegelten Flächen des Naturparks Gantrisch zu berechnen, wurden die Swiss TLM 3D Vektordatenlayer der Strassen und Gebäude verwendet.

Das Layer der Strassen ist in beiden Jahrgänge 2011 und 2019 in verschiedene Kategorien unterteilt. Die Objektart ist im Objektkatalog der jeweiligen Swiss TLM 3D Version beschrieben. Diese hat sich zwischen 2011 und 2019 nicht verändert. Folgende Kategorien wurden für die Berechnungen verwendet:

Objektart	Beschreibung
8	10 m Strasse: Alle Strassen, welche überdurchschnittlich breit sind. Breite: > 10.20 m, Minimallänge > 50 m
9	6 m Strasse: Alle Strassen, auf welchen der Verkehr ungehindert fliessen kann. Breite: 6.21 - 8.20 m, Minimallänge: 50 m
10	4 m Strasse: Alle Strassen, auf welchen der Personenwagenverkehr ungehindert kreuzen kann. Breite: 4.21 - 6.20 m, Minimallänge: 50 m
11	3 m Strasse: Schmale Nebenstrassen, welche meistens mit Fahrzeugen aller Art befahrbar sind. Sie können aber auch unbefahrbar und breiter sein. Breite: 2.81 - 4.20 m, Minimallänge: 50 m (+) Unbefahrbare Abschnitte mit einer variablen Breite > 2.80 m (-) Strassen bei landwirtschaftlichen Betrieben (Hofumfahrten)
20	8 m Strasse: Hauptstrassen mit blauer Signalisierung. Breite: 8.21 m - 10.20 m, Minimallänge: 50 m

Tabelle 2: Übersicht der Strassenkategorien, die in der GIS Analyse verwendet wurden (Swisstopo 2019¹).

Mittels der Funktion «select by attribute», einer Formel wie [«Objektart»=10] und der Funktion «Create new Layer form selected Features», wurde aus jeder dieser Kategorien ein neues Layer kreiert.

Da die Strassen als Liniendaten erfasst sind, für die Berechnung der Versiegelung jedoch deren Fläche von Interesse ist, wurde eine Bufferfläche entsprechend der Angaben von Swisstopo berechnet. So wurde beispielsweise in der Kategorie 10 (4 m Strasse) eine Bufferfläche von 2 m hinzugefügt. Dafür wurde das Tool «buffer (analysis)» verwendet. Mittels des Tools «add geometry attributes» konnte schliesslich die Fläche der jeweiligen Strassen berechnet und später zur Analyse verwendet werden.

Siedlungen sind als Polygone zwar im Datensatz von 2019 vorhanden, 2011 jedoch als Punktdaten erfasst, wodurch sie für die Berechnung von Flächen ungeeignet sind. Dementsprechend mussten Siedlungsflächen anhand der Gebäude mittels des GIS Tools «delineate built-up areas» berechnet werden. Dieses Tool erstellt anhand von Gebäuden in dicht konzentrierter Anordnung Polygone zur Darstellung von bebauten Flächen. Dazu mussten folgende Parameter definiert werden:

- «grouping distance»: Diese definiert, wie nahe Gebäude zusammenliegen müssen, um als Kandidaten für die Darstellung durch ein Polygon für bebaute Flächen betrachtet zu werden.
- «minimum detail size»: Diese bestimmt, wie detailliert das Polygon für bebaute Flächen sein wird. Dabei entspricht der Wert ungefähr dem minimalen Durchmesser einer Lücke, die innerhalb des Polygons entstehen kann (ArcGIS Pro 2020¹)

Um die Parameter zu definieren wurde das Tool zuerst auf die Gebäudedaten von 2019 angewendet, wodurch die daraus entstandenen Polygone mit den durch Swisstopo erfassten vorhandenen Siedlungen verglichen werden konnten. Die grösste Ähnlichkeit der Polygone wurde mit folgenden Grössen erzielt: «grouping distance»: 150 m und «minimum detail size»: 30 m. Demnach muss eine Grünfläche, wie zum Beispiel ein Park, mindestens einen Durchmesser von 30 m haben, um die Siedlungsfläche aufzubrechen. Häuser, die einen Abstand von 150 m haben, werden dabei gerade noch verbunden.

In einem zweiten Schritt wurde diese Funktion mit identischen Parametern auf die Gebäudedaten von 2011 angewendet, wodurch vergleichbare Siedlungsflächen bestimmt werden konnten.

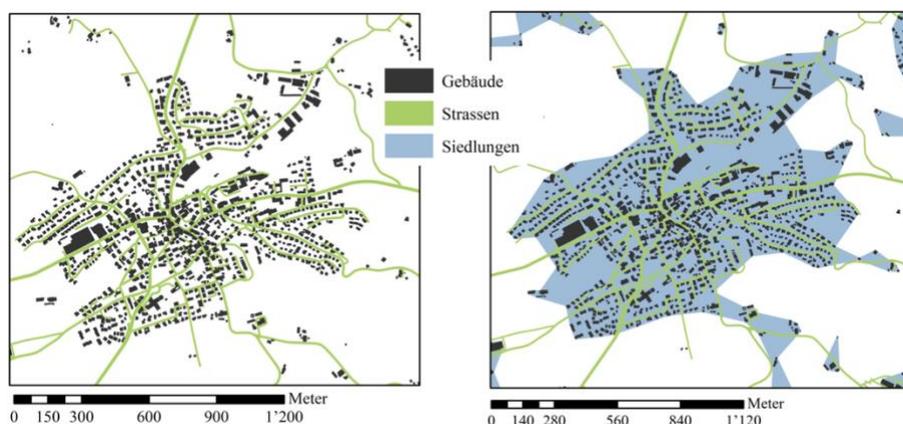


Abbildung 3: Ausschnitt der Kartierung der Siedlungsfläche im Jahr 2019 mittels des Tools «delineate built-up areas» (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011³, 2019, 2019³).

Um die Fläche der Strassen, die innerhalb der Siedlungsfläche liegt, nicht doppelt zu rechnen, wurden die Strassen anhand des Tools «clip (Analysis)» entlang der Siedlungsgrenzen zerschnitten, wodurch für die Berechnung der Versiegelung ausschliesslich die Strassen ausserhalb der Siedlungen verwendet wurden.

3.2.3 Ergebnisse

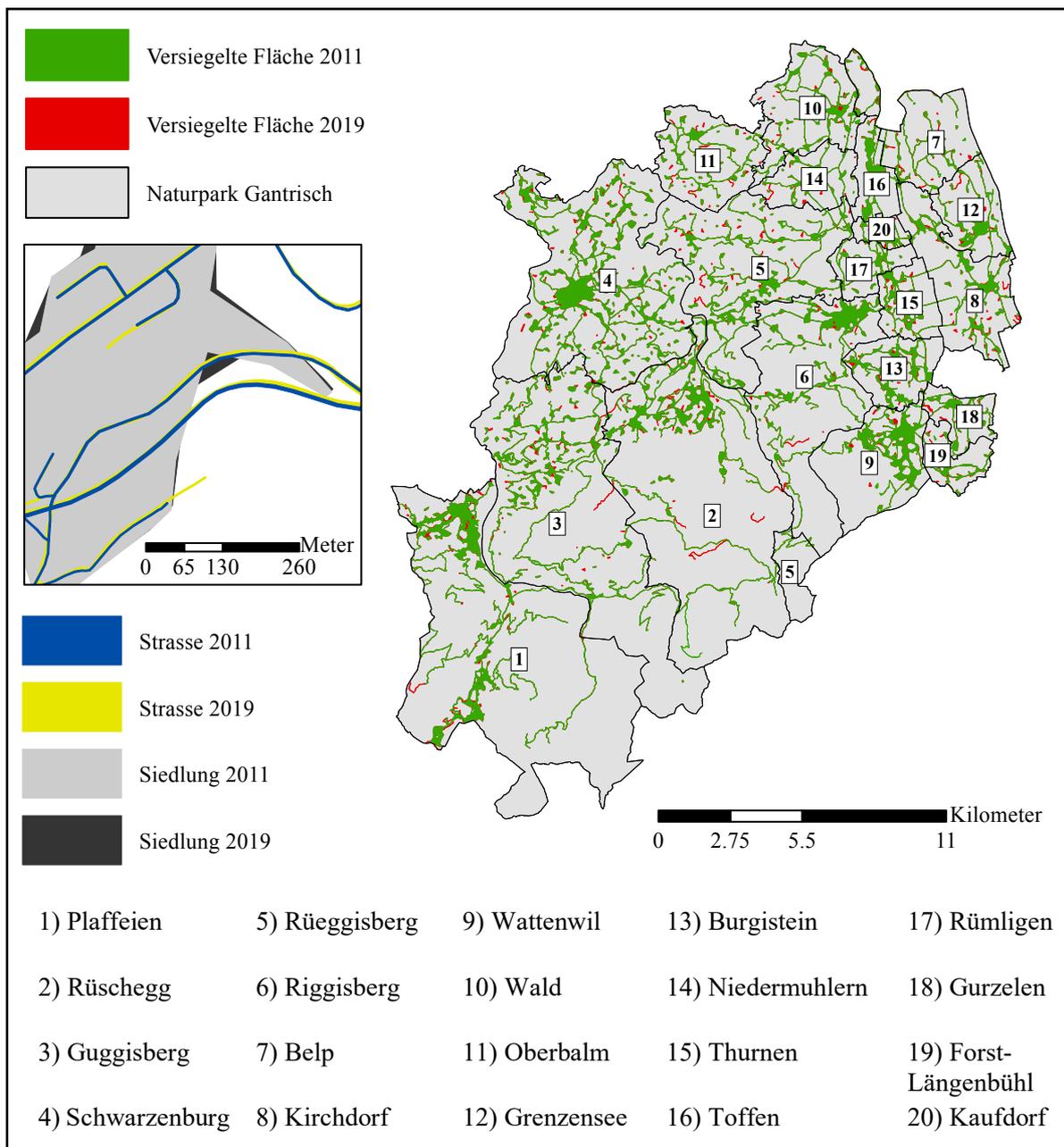


Abbildung 4: Kartierung der Versiegelung im RNG. Rechts: Übersichtskarte der Versiegelung im RNG. Links: Detailansicht des Orts Riggisberg (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011³, 2019, 2019³).

Zwischen 2011 und 2019 hat im RNG die Siedlungsfläche um 125.57 ha und die Fläche der Strassen um 10.44 ha zugenommen. Dementsprechend nahm auch die versiegelte Fläche um 136.01 ha zu, womit der Anteil der versiegelten Fläche von 6.79% auf 7.12% stieg. Im Mittelland liegt der Prozentanteil der versiegelten Fläche durchschnittlich bei 10% (Rey et al. 2017).

	2011	2019	Veränderung
Siedlungsfläche	2545.92 (ha)	2671.49 (ha)	+ 125.57 (ha)
Strassenfläche	194.23 (ha)	204.67 (ha)	+ 10.44 (ha)
Versiegelte Fläche	2740.15 (ha)	2876.16 (ha)	+ 136.01 (ha)
Anteil der versiegelten Fläche	6.79 (%)	7.12 (%)	+ 0.97 (%)

Tabelle 3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Versiegelung im RNG.

Allgemein wurde eine Verdichtung sowie Ausweitung der bestehenden Siedlungsflächen beobachtet. Gleichzeitig sind in der betrachteten Zeitperiode auch einzelne neue, unangebundene Siedlungsflächen dazugekommen. Neben neuen Verbindungsstrassen lassen sich auch einige Strassenverlängerungen beobachten. Die meiste Versiegelungszunahme wurde in Gebieten beobachtet, die bereits einen höheren Versiegelungsgrad aufweisen. Grössere unversiegelte Flächen, wie zum Beispiel im Süden der Gemeinden Plaffeien, Rüscheegg, Guggisberg, Rüeggisberg und blieben grösstenteils unversiegelt, wobei hier die gebirgige Topografie sicher ein wichtiger Einflussfaktor ist.

3.2 Indikator 2: Zerschneidung

3.2.1 Relevanz

In der Schweiz nimmt die Siedlungsfläche zu und das Verkehrsnetz wird immer dichter. Jährlich beanspruchten Siedlung und Verkehr neue Flächen von um die 2'100 ha (Jaeger et al. 2007). Heute bleibt noch ca. ein Viertel der Landesfläche der Schweiz, der frei ist von Anlagen, inklusive Verkehrsinfrastrukturen. Die meisten naturbelassenen Gebiete befinden sich dabei in den Alpen, wo 40-55% der Fläche frei ist von Infrastrukturen. Das Mittelland und der Jura hingegen zählen zu den am stärksten zerschnittenen Regionen Mitteleuropas (Jaeger et al. 2007), wobei lediglich 0.2 Promille der Fläche naturbelassen und frei von Anlagen sind (Rey et al. 2017).

In Folge dessen werden die Landschaften der Schweiz zunehmend zerschnitten, wodurch Lebensräume von Tieren sowie Erholungsgebiete der Menschen stark beeinträchtigt werden. Gleichzeitig werden die unzerschnittenen Gebiete immer kleiner. Die Landschaftszerschneidung wird seit 40 Jahren von der Wirtschaft und der Politik als Umweltproblem benannt. Sie ist eine der wichtigsten Ursachen für den Rückgang und Verlust von Tierpopulationen und der Lebensraumvielfalt (Jaeger et al. 2007). «Landschaftszerschneidung bedeutet das Zerreißen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich verbundenen Bereichen der Landschaft [...]» (Jaeger et al. 2007). So werden nicht nur einzelne Lebensräume, sondern zusammenhängende Ökosysteme beeinträchtigt, wobei oft damit einhergehende Faktoren wie Lärm oder Luftbelastung sich zusätzlich negativ auf die Erholungsqualität der Landschaft auswirken.

Durch die Zerschneidung werden Populationen von am Boden lebenden Tieren voneinander getrennt. So wird ein (genetischer) Austausch verhindert und damit das Aussterberisiko gesteigert. Die Resilienz der Tierpopulationen wird verringert. Zudem wird die Wiederbesiedlung, falls eine Population erloschen ist, verhindert. Besonders betroffen sind dabei Tiere, die viel Raum brauchen oder eine geringe Besiedlungsdichte haben, wie z.B. der Luchs oder der Baummarder. Die Auswirkungen der Zerschneidung brauchen Zeit, bis sie sich als solche zeigen. Dies kann oft Jahrzehnte dauern. So werden in den kommenden Jahrzehnten noch Populationen als Folge der bereits vorgenommenen Zerschneidungen verschwinden, auch wenn ab sofort keine zusätzlichen Zerschneidungen mehr durchgeführt werden würden (Jaeger et al. 2007).

3.2.2 Vorgehen

Gleich wie bei dem Indikator Versiegelung wurden auch zur Berechnung der Zerschneidung die Swiss TLM 3D Vektordatenlayer der Strassen und Gebäude verwendet. Dabei waren auch hier Siedlungsflächen von Bedeutung, die aus den Gebäudedaten berechnet wurden (siehe Kapitel 3.3.3).

Aus den Strassendaten wurden wiederum die fünf relevanten Strassenklassen herausgefiltert (siehe Kapitel 3.3.3). Mittels des Tools «feature to polygon», wurden die Räume zwischen den Strassen berechnet. Siedlungen, die ebenfalls zerschneidende Elemente sind, wurden anhand des Tools «erase» ausgeschnitten.

In einem weiteren Schritt wurde die Fläche des RNG mittels des Tools «buffer (analysis)» mit einem Buffer von 2 km erweitert. Auf diese Fläche wurden die zuvor berechneten Polygone zugeschnitten. Anhand der Funktion «select by location» und der Auswahl «intersect the source layer feature» wurden alle Polygone ausgewählt, die zumindest zum Teil im RNG liegen. Daraus wurde mittels der Funktion «create new layer from selected feature» ein Layer kreiert. So konnten auch unzerschnittene Habitate berücksichtigt werden, die die Grenzen des Parks überschreiten und eine unechte Zerschneidung durch die Grenzziehung konnte umgangen werden. Mittels der Funktion «add geometry attribute» wurde zum Schluss die Fläche der jeweiligen Patches berechnet. Auch dieses Vorgehen wurde für die beiden Zeitpunkte 2011 und 2019 durchgeführt.

3.2.3 Ergebnisse

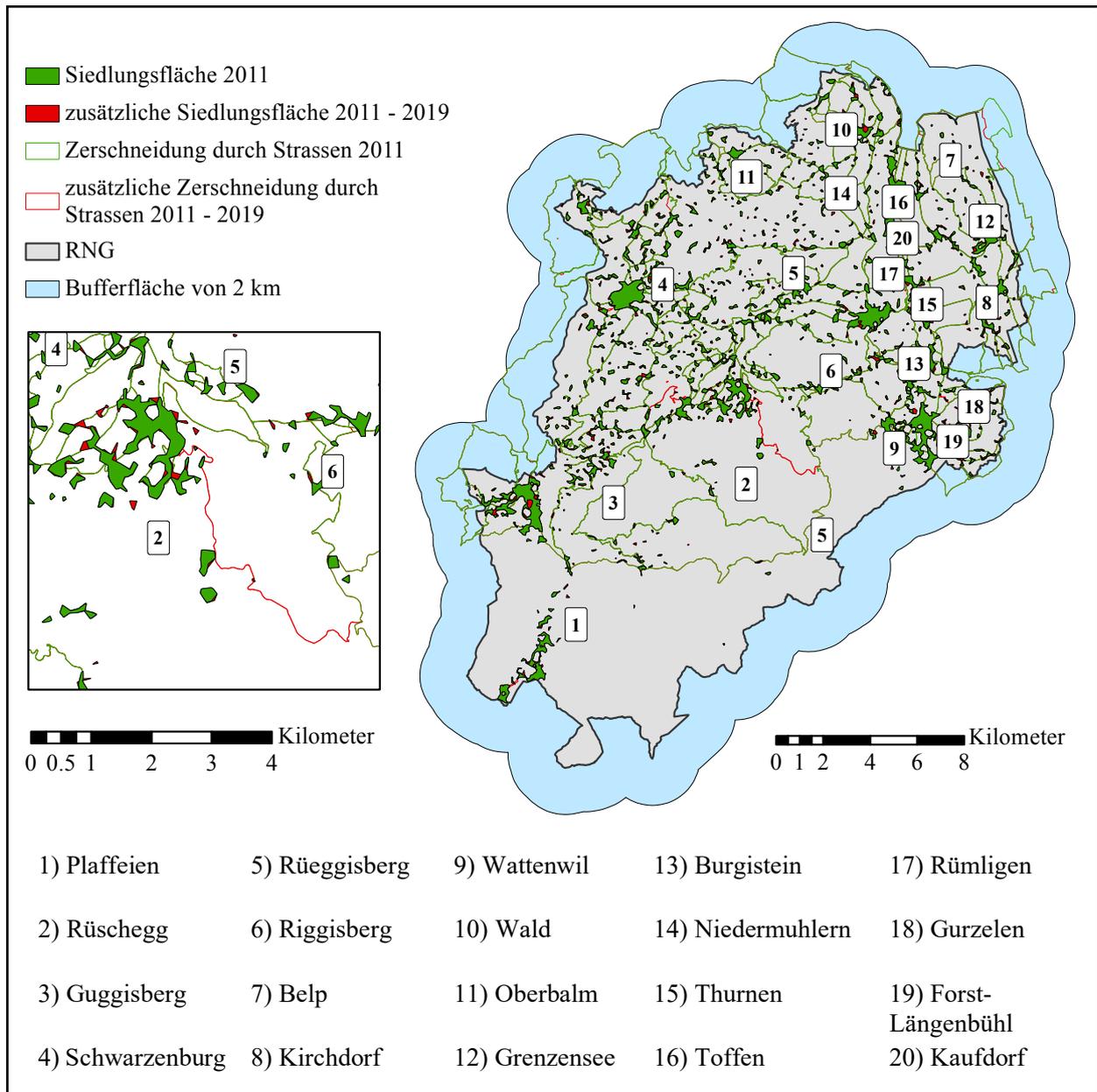


Abbildung 5: Zunahme der Zerschneidung im RNG zwischen 2011 und 2019. Links: Detailansicht in der Gemeinde Rüscheegg (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011³, 2019, 2019³).

In den Jahren zwischen 2011 und 2019 hat die Zerschneidung im RNG zugenommen. Dies zeigt sich darin, dass die unzerschnittenen Flächen, die zwischen den Strassen und Siedlungen liegen, hier Patches genannt, kleiner und zahlreicher wurden. Während die durchschnittliche Patchgrösse um 14.35 ha abgenommen hat, ist die Anzahl der Patches um 19 gestiegen.

	2011	2019	Veränderung
Anzahl der Patches	211	230	+ 19
Durchschnittliche Fläche der Patches	159.08 (ha)	144.73 (ha)	- 14.35 (ha)
Grösste zusammenhängende Fläche	3'038.69 (ha)	2'496.92 (ha)	- 541.77 (ha)
Kleinste zusammenhängende Fläche	23.46 (m ²)	51.56 (m ²)	+ 28.1 (m ²)

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse zu der Zerschneidung im RNG.

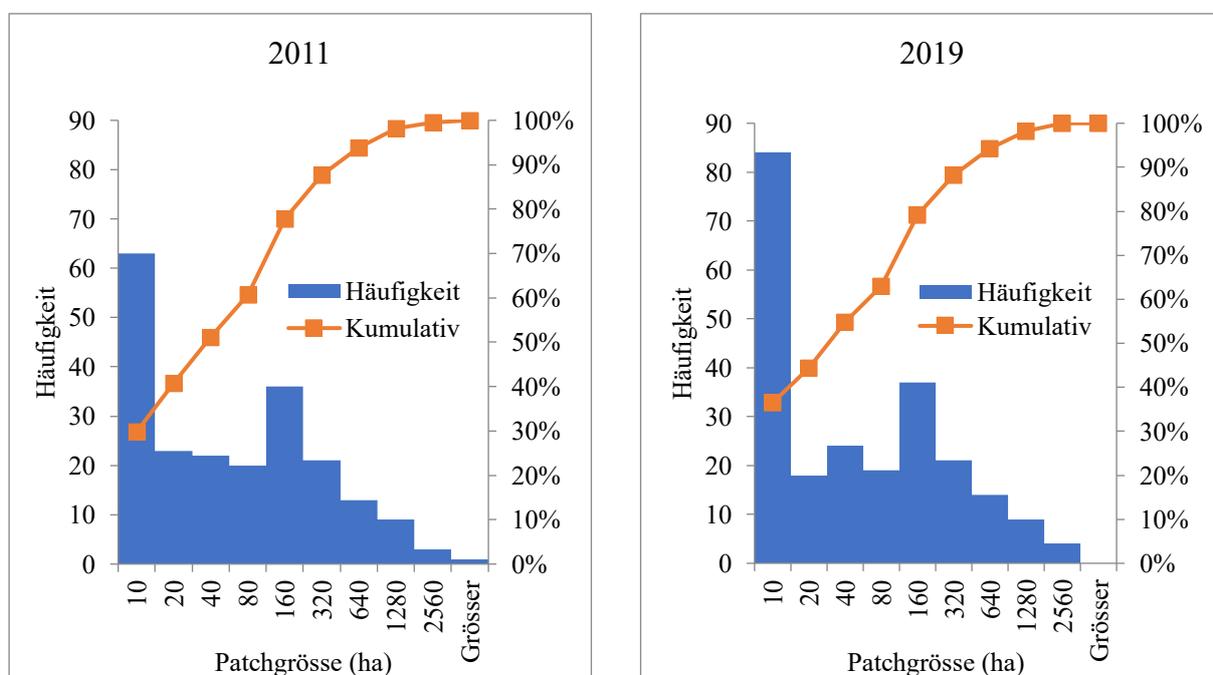


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Patchgrössen 2011 und 2019.

In der Häufigkeitsverteilung der Patchgrössen ist von 2011 bis 2019 eine klare Zunahme der kleinsten Patches mit einer Fläche von bis zu 10 ha zu erkennen. Gleichzeitig bestehen im Jahr 2019 keine Patches mehr, die grösser als 2560 ha sind. Dazwischen hat sich die Verteilung wenig verändert. Eine ähnliche Form zeigt sich in beiden Diagrammen, mit einem Peak bei den Flächen unter 10 ha und einem kleineren Peak bei einer Fläche von 160 ha, gefolgt von einer treppenförmigen Abnahme hin zu grösseren Flächen.

Das grösste zusammenhängende Habitat liegt in der Gemeinde Rüschegg und hatte in 2011 eine Fläche von 3'038.69 ha. Diese Fläche hat bis 2019 um 541.77 ha abgenommen. Auf mögliche Erklärungen wird in Kapitel 4 näher eingegangen. Weitere grosse zusammenhängende Habitate liegen in den Gemeinden Schwarzenburg, Oberbalm, Rüeggisberg (2011: 2'507.86 ha / 2019: 2'418.54 ha) sowie Guggisberg, Rüschegg (2011: 1'625.78 ha / 2019: 1'620.27 ha). Auch die Fläche dieser Habitate hat in der betrachteten Zeitperiode abgenommen, wenn auch nicht so stark, wie die der Gemeinde Rüschegg.

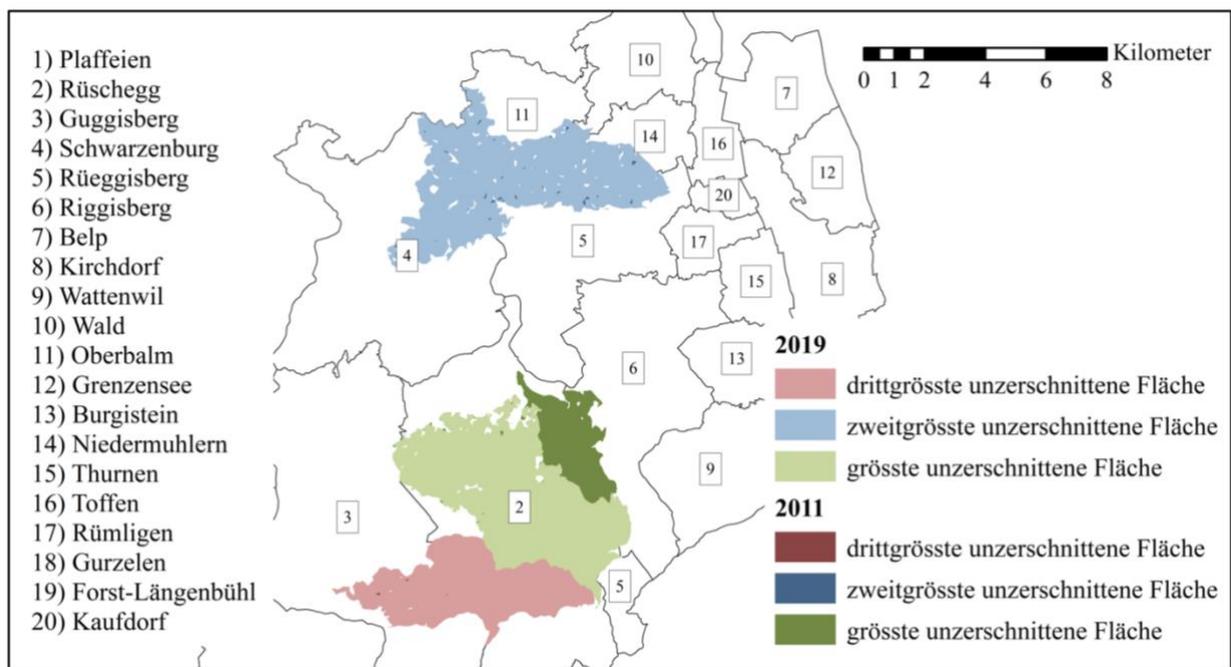
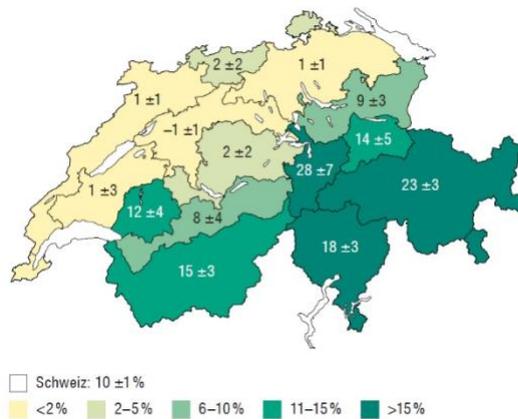


Abbildung 7: Kartierung der drei grössten zusammenhängenden Habitate in RNG zu den Zeitpunkten 2011 und 2019 (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011², 2011³, 2019, 2019², 2019³).

3.3 Indikator 3: Waldfläche

3.3.1 Relevanz

Zwischen 1985 und 2013 hat die Waldfläche der Schweiz um knapp 115'000 ha zugenommen. Heute ist fast ein Drittel der Fläche der Schweiz bewaldet. Die Zunahme fand dabei vor allem in den Voralpen und im Alpenraum ab einer Höhenlage von 1000 m ü. M statt. Der Wald dehnt sich hauptsächlich auf Alpweiden aus, deren Bewirtschaftung von vielen Bergbauern bereits



vor Jahren aufgegeben wurde. Gleichzeitig steigt der Druck auf die Waldfläche im Mittelland. Dies ist auf den Bevölkerungswachstum und den damit einhergehenden Bedarf an Siedlungsfläche und Infrastrukturen zurückzuführen. Dennoch blieb die Waldfläche auch in diesem Gebiet zwischen 1985 und 2013 dank starken Waldgesetzgebungen konstant (BAFU 2019).

Abbildung 8: Entwicklung der Waldflächen in der Schweiz zwischen 1985 und 2013 (BAFU 2019).

Die Konsequenzen aus der Waldflächenzunahme sind vielseitig. Einerseits hat die Waldausdehnung einen positiven Effekt auf Faktoren wie den Schutz vor Naturgefahren, die CO₂-Bindung oder, durch Durchwurzelung der Böden, auf die Reinigung und Speicherung des Grundwassers. Der Wald bietet weiter einen Lebensraum für verschiedene Tierarten und bildet eine langfristig verfügbare Holzressource. Ein negativer Effekt entsteht jedoch dadurch, dass bei der Ausdehnung des Waldes andere, zum Teil sehr artenreiche Biotopie wie Bergwiesen verdrängt werden (BAFU 2019).

3.3.2 Vorgehen

Die Waldfläche ist im Layer «Landcover» der Swiss TLM 3D Vektordaten erfasst. Dabei bestehen folgende Kategorien:

Objektart	Beschreibung
1	Fels
5	Fliessgewässer
6	Gebüschwald
7	Lockergestein
9	Gletscher
10	Stehende Gewässer
11	Feuchtgebiet
12	Wald
13	Wald offen

Tabelle 5: Kategorien im Layer «Landcover» der Swiss TLM 3D Daten. Markierung (grün) zeigt die für den Indikator Waldflächenveränderung relevanten Kategorien (Swisstopo 2019¹).

Mit der Funktion «select by attributes», der Formel [«Objektart» = 6 OR «Objektart» = 12 OR «Objektart» = 13] und dem Befehl «Ceate Layer from selected Features», wurde aus den drei markierten Kategorien ein neues Layer erstellt.

Dieser Vorgang wurde für die Datensätze der Jahre 2011 und 2019 durchgeführt und so die Waldflächenveränderung des gesamten Gebiets ermittelt.

Um zu ermitteln, wo genau welche Veränderung stattfand, wurde die Waldfläche der beiden Jahre für die einzelnen Gemeinden berechnet. Dazu wurde das Layer Swiss TLM 3D «boundaries» verwendet. Darin wurden die Gemeinden jeweils einzeln angewählt und in ein neues Layer verschoben. Dieses diente anschliessend dazu, die Waldfläche anhand des «clip (Analysis)» Tools (siehe Kapitel 2.2) entlang der Gemeindegrenzen zu zerschneiden. Die Flächen der jeweiligen Waldstücke wurden anhand des Tools «add geometry attribute» zur Attributetabelle hinzugefügt. Auch dieser Vorgang wurde für beide Jahrgänge sowie alle 20 Gemeinden durchgeführt.

3.3.3 Ergebnisse

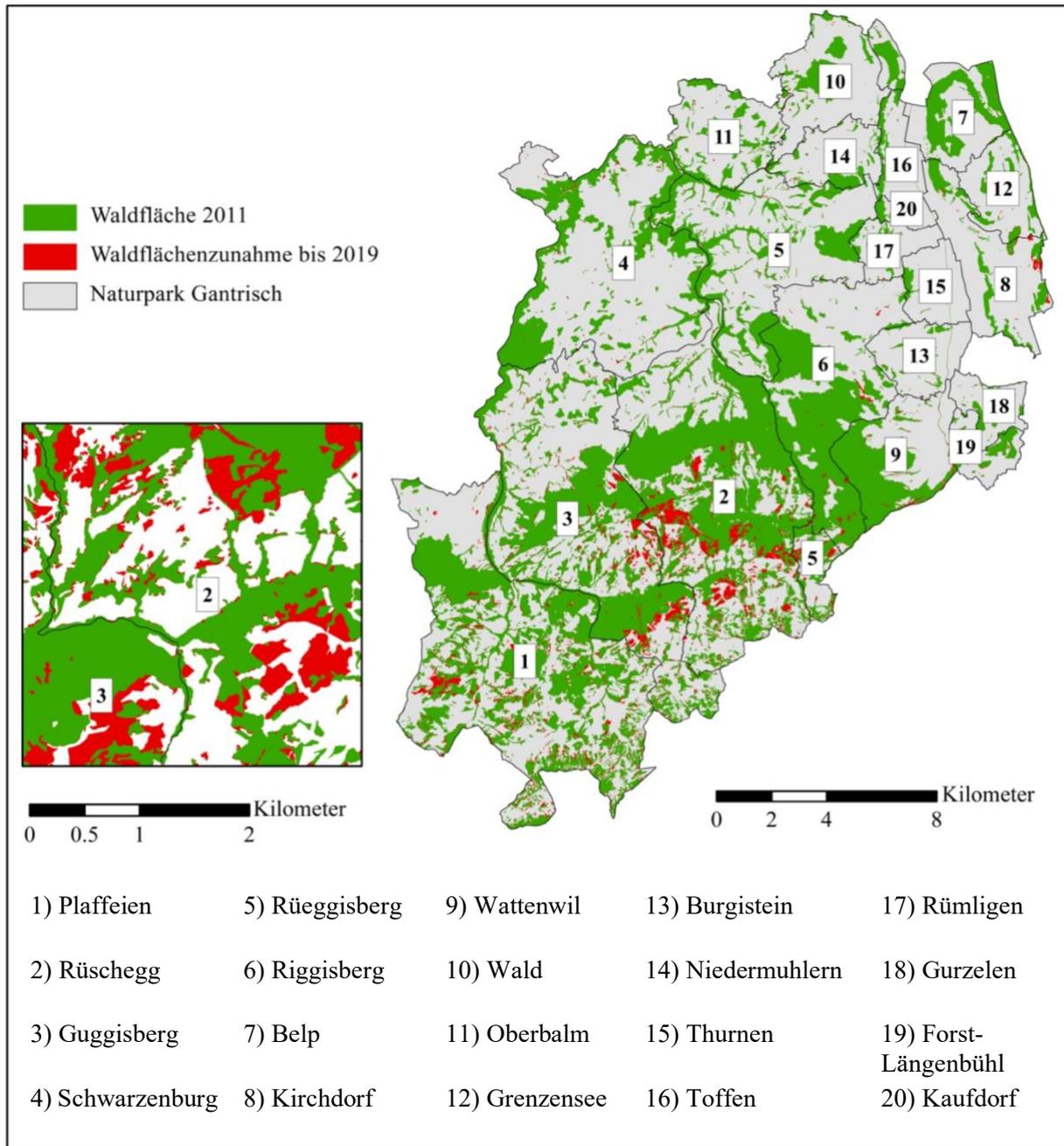


Abbildung 9: Kartierung der Waldflächenzunahme zwischen 2011 und 2019. Rechts: Detailansicht mit Ausschnitten der Gemeinden Guggisberg und Rüscheegg (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011¹, 2011², 2019¹, 2019²).

Die Waldfläche hat im RNG zwischen 2011 und 2019 um 12.41 km² zugenommen. Dabei ist die Anzahl der Patches gestiegen, wie auch deren mittlere Grösse.

Auf der Karte ist eine besonders grosse Waldflächenzunahme im Süden des Parks, in den Gemeinden Rüscheegg, Rüeggisberg, Guggisberg und Plaffeien, zu erkennen.

	2011	2019	Veränderung
Anzahl Patches	3'245	1'504	- 1'741
Mittlere Patchgrösse	3.65 (ha)	15.12 (ha)	+ 11.47 (ha)
Waldfläche	11'939.16 (ha)	13'180.48 (ha)	+ 1'241.32 (ha)

Tabelle 6: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Waldflächenveränderung.

3.4 Indikator 4: Gebäude ausserhalb der Bauzone

3.4.1 Relevanz

In der Raumplanung wird zwischen Bau- und Nichtbaugebieten unterschieden. Dabei dürfen ausserhalb der Bauzonen nur landwirtschaftliche und standortgebundene Bauten errichtet werden. Die Bautätigkeiten ausserhalb der Bauzone werden genau beobachtet und in Monitoring-Berichten festgehalten (ARE 2019). Daraus geht hervor, dass die Einwohnerzahl, die ausserhalb der Bauzonen wohnen, zwischen 2000 und 2013 um 30'000 abgenommen haben. Zwischen 2013 und 2018 nahm diese Zahl um weitere 430'000 ab, womit im Jahr 2018 noch 5.0% der Gesamtbevölkerung ausserhalb einer Bauzone lebt (ARE¹ 2019)

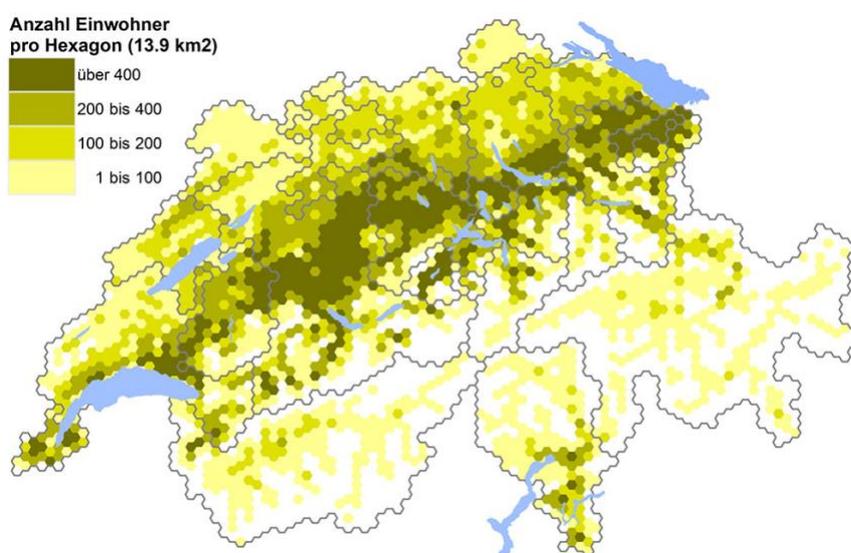


Abbildung 10: Einwohner ausserhalb der Bauzonen zum Zeitpunkt 2019 (© ARE; Quellen: INFOPLAN-ARE, GEOSTAT-BFS, swisstopo).

3.4.2 Vorgehen

Für die Ermittlung der Gebäude ausserhalb der Bauzonen, wurden die Gebäudedaten der Swiss TLM 3D Vektordaten, sowie die Bauzonen des Kanton Berns verwendet. Da vom Kanton Fribourg nur aktuelle Zonenpläne zur Verfügung stehen, konnte die Gemeinde Plaffeien in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden.

In einem ersten Schritt wurden die Gebäude innerhalb der Bauzonen ausgewählt. Dazu wurde die Funktion «select by location» und die Methode «intersect the source layer feature» verwendet. Durch die Funktion «switch selection» und den Befehl «create layer from selected features» konnte anschliessend ein Layer mit allen Gebäuden, die nicht in einer Bauzone liegen, kreiert werden. Dieses Vorgehen wurde für die beiden Zeitpunkte 2011 und 2019 wiederholt.

3.4.3 Ergebnisse

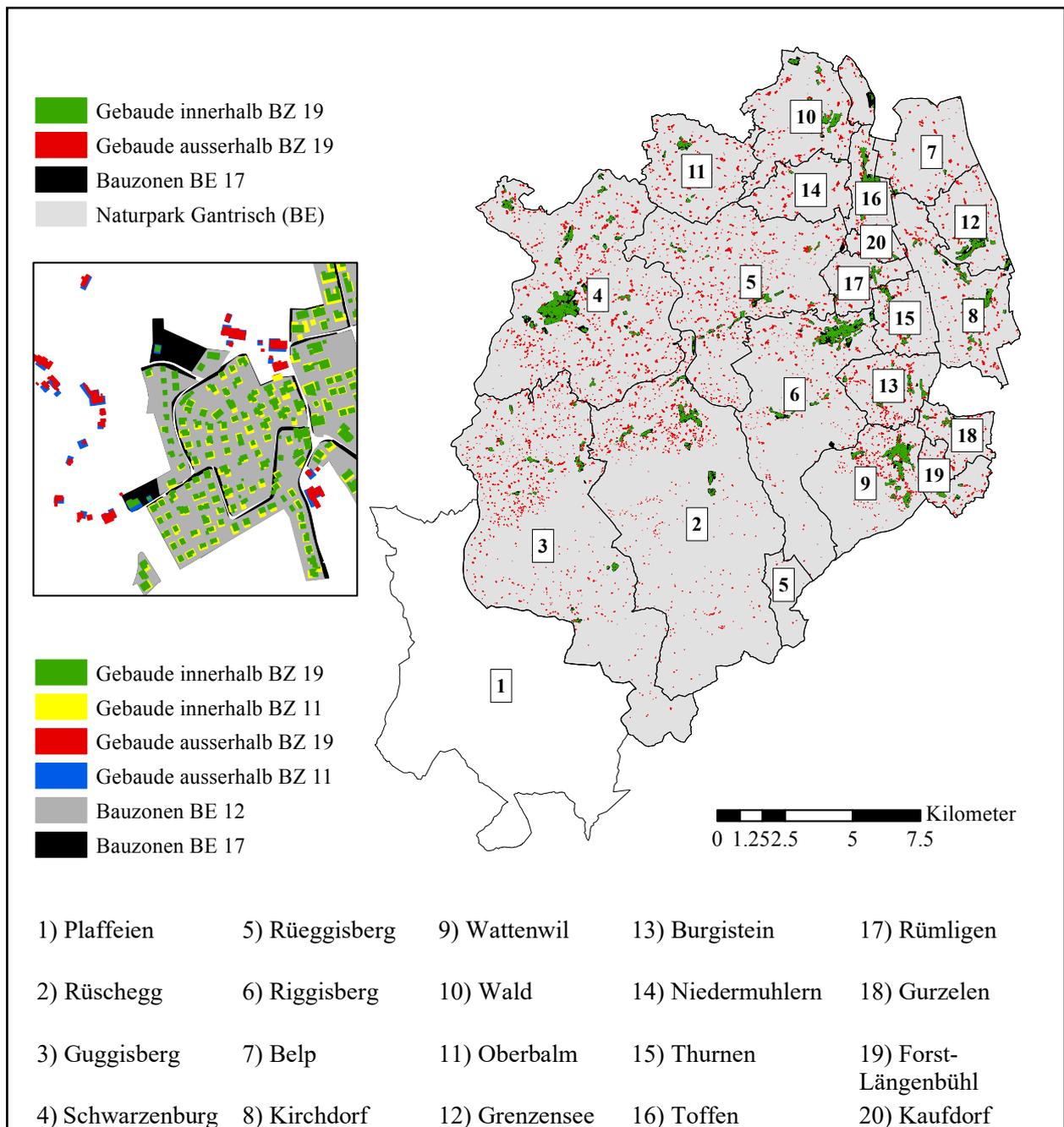


Abbildung 11: Kartierung der Gebäude ausserhalb der Bauzonen. links: Ausschnitt des Orts Kaufdorf (Datenquellen: BAFU 2019, Kantonale Raumplanungsfachstelle 2012, 2017, Swisstopo 2011, 2019).

Aus den Ergebnissen des zuvor beschriebenen Vorgehens lässt sich festhalten, dass zwischen 2011 und 2019 die Anzahl der Gebäude um 14'012 zugenommen hat, die Fläche aller Gebäude jedoch um 17.3 ha abnahm. Die Gebäude ausserhalb der Bauzone haben in der betrachteten Zeitperiode um 7'814 zugenommen, wobei deren Flächen wiederum um 17.2 ha abnahm.

Diese Werte scheinen kaum realistisch und sind auf die fehlende Vergleichbarkeit der beiden Swiss TLM 3D Vektordatensätze «Bauten» zurückzuführen. Weiter darauf eingegangen wird in Kapitel 5.

	2011	2019	Veränderung
Fläche aller Gebäude	341.1 (ha)	323.8 (ha)	- 17.3 (ha)
Fläche Gebäude ausserhalb BZ	201.6 (ha)	184.4 (ha)	- 17.2 (ha)
Anzahl aller Gebäude	13'977	27'989	+ 14'012
Anzahl Gebäude ausserhalb BZ	8'555	16'369	+ 7'814
Anteil Gebäude ausserhalb BZ	61.2 (%)	58.5 (%)	- 2.7 (%)

Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse zu den Gebäuden ausserhalb der Bauzone.

4 Diskussion

Indikator 1: Versiegelung

Die Zunahme der Versiegelung stimmt überein mit den schweizweiten Beobachtungen (BFS 2016). Dabei liegt der Versiegelungsgrad im RNG im Jahr 2019 mit einer versiegelten Fläche von 7.12% unter den 10% versiegelter Fläche, die durchschnittlich im Mittelland vorkommen (Rey et al. 2017).

Um in zukünftigen Untersuchungen die Versiegelung zu berechnen, wird es möglich sein, die Berechnung der Siedlungsflächen aus den Gebäudedaten zu umgehen, da diese bereits in den Swiss TLM 3D Vektordaten erfasst werden. Diese werden präziser sein und somit auch genauere Resultate liefern.

Indikator 2: Zerschneidung

Wie erwartet, wurde eine Zunahme der Zerschneidung im RNG festgestellt. Der generelle Trend, dass in der Schweiz Strassennetze dichter werden und Siedlungsflächen zunehmen, wurde auch im RNG beobachtet. Dabei nimmt die Patchgrösse von Zwischenräumen, frei von Zerschneidungselementen, ab.

Weiter wurden die drei grössten zusammenhängenden Habitate aufgezeigt, die für ein Monitoring von besonderer Bedeutung sein könnten. Da durch die allgemein zunehmende Zerschneidung immer weniger solcher grösserer zusammenhängender Flächen bestehen, ist es von besonderer Bedeutung, diese durch ein Monitoring zu beobachten und zu schützen.

Das grösste unzerschnittene Habitat befindet sich in der Gemeinde Rüschegg und hat im betrachteten Zeitraum um 541.77 ha abgenommen. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass dies an einem verbindenden Strassenabschnitt von ungefähr einem Kilometer liegt. Dieser wurde 2011 als 2 m Weg erfasst, 2019 jedoch als 3 m Strasse. Auf diese Weise wurde dieser Strassenabschnitt für die Berechnung der Zerschneidung erst 2019 relevant. Aufgrund dieser Beobachtung stellen sich verschiedene Fragen. Einerseits bezüglich der Genauigkeit der Kategorisierung in verschiedene Strassen- und Wegtypen. So sind auf einem Luftbild des besagten Strassenabschnitts im Jahr 2010 optisch keine Unterschiede zwischen verschiedenen Strassenabschnitten ersichtlich, die einmal als 3 m Strasse und ein andermal als 2m Weg klassiert werden (siehe Abb. 12). Es ist also möglich, dass sich die Strasse bis 2019 nicht verändert hat, jedoch neu durchgehend als 3m Strasse klassiert wurde. Leider besteht kein neueres Luftbild, dass diese Annahme unterstützen könnte.

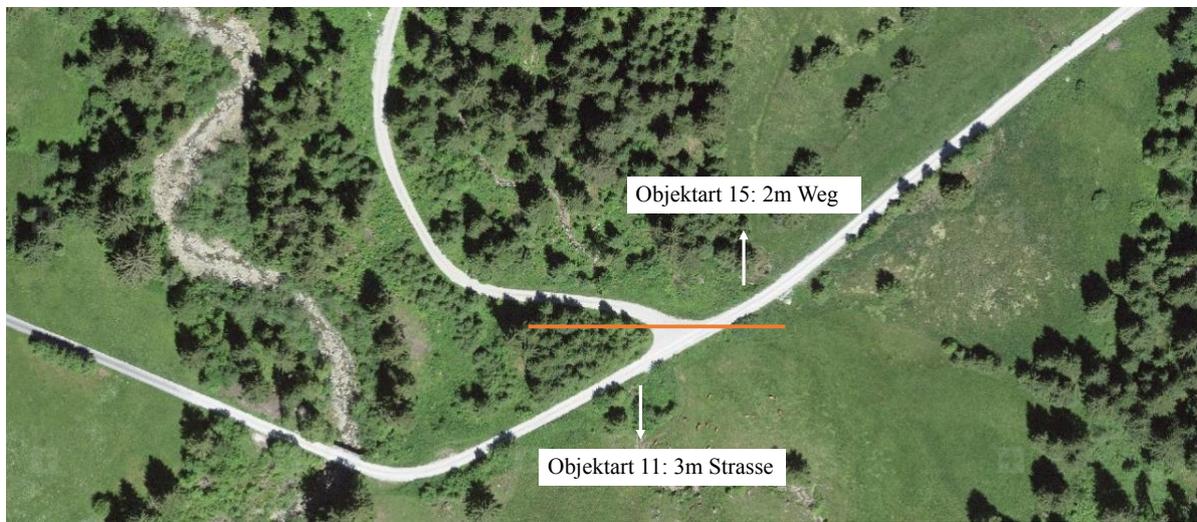
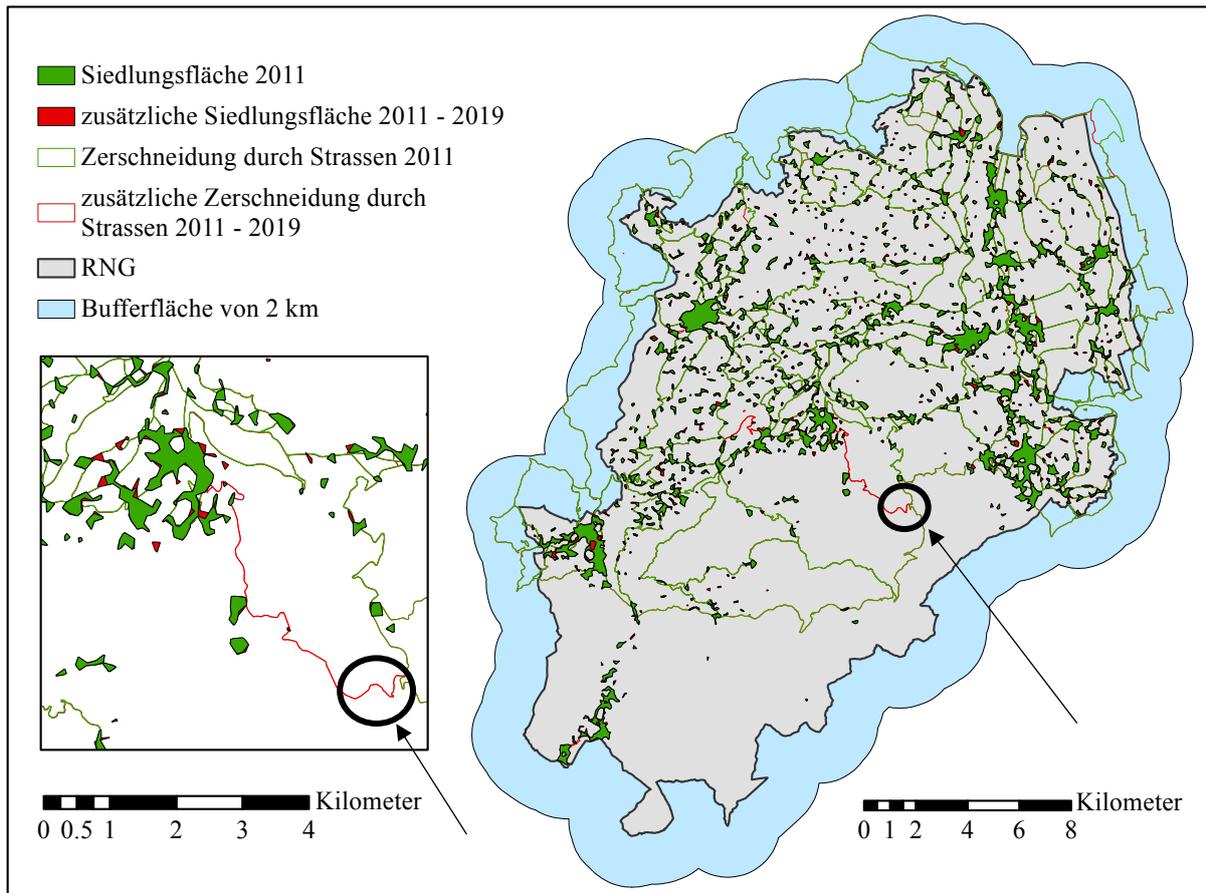


Abbildung 12: Oben: Kartierung der Zerschneidung mit Kreisen und Pfeilen, die den besprochenen Strassenabschnitt hervorheben (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011³, 2019, 2019³). Unten: Luftbild dieses Strassenabschnitts aus dem Jahr 2010 (© Daten: CNES, Spot Image, swisstopo, NPOC, swisstopo)

Weiter besteht die Frage, ab wann eine Strasse oder auch ein Weg als zerschneidendes Element gilt. Oggier et al. (2001) zeigen auf, dass für den Fragmentierungseffekt nicht nur der Strassentyp, sondern vor allem die Verkehrsdichte darauf von Bedeutung ist. Neben dem physischen Hindernis, welches eine Strasse darstellt (bsp. eine eingezäunte Autobahn), werden

Barriereeffekte durch den Verkehrsstrom und die von ihm verursachten Emissionen noch verstärkt. Weiter kann es auch hier zu Verletzungen oder dem Tod der Tiere durch die Fahrzeuge kommen (Oggier et al. 2001).

Das Verkehrsaufkommen wird durch die Schweizerische Strassenverkehrszählung (SSVZ) gemessen. Von 175 Zählstellen sind 175 automatisch und stehen das ganze Jahr über im Einsatz. Die restlichen Zählstellen entsprechen manuellen Erhebungen und erfolgen nach einem Stichprobenkonzept (ASTRA 2005). Die daraus gewonnenen Daten beizuziehen, wäre zur Analyse der Zerschneidung durch Verkehrswege sinnvoll.

Indikator 3: Waldflächenveränderung

Entsprechend dem in der Schweiz herrschenden Trend (BAFU 2019) wurde im RNG eine Zunahme der Waldfläche festgestellt. Hier wäre in künftigen Erfassungen ein Vergleich mit den Alparzellen interessant um die Zunahme des Waldes genauer zu verorten. So könnte auf das in den Alpen häufig beobachtete Phänomen eingegangen werden, in dem Alpweiden aufgegeben und von Wald eingenommen werden.

Die beobachtete Veränderungen der Waldgebiete innerhalb von acht Jahren scheinen jedoch aussergewöhnlich gross zu sein. Bei der Betrachtung der Luftbilder dieser Region in derselben Zeitperiode, wurde jedoch nur wenig Veränderung der Waldfläche beobachtet (siehe Abbildung 13). Hier stellt sich die Frage der Erfassungsgenauigkeit. Vergleiche mit den Luftbildern zeigen, dass die Waldfläche in 2011 eher unterschätzt wurde. Dementsprechend war die Veränderung weniger stark, als hier berechnet und die ermittelte Zunahme entspricht einer Überschätzung, die auf die Ungenauigkeit der Waldflächenerfassung zurückzuführen ist. Für diesen Indikator sind die Swiss TLM 3D Vektordaten offensichtlich kaum geeignet und es wäre besser, mit der Arealstatistik zu arbeiten. Für diese Arbeit fehlte der Zugang zu älteren Arealstatistikdaten, die benötigt wurden, um einen Trend aufzuzeigen, deshalb wurde auf die Swiss TLM 3D Daten zurückgegriffen. Für zukünftige Untersuchungen dieses Indikators wird die Verwendung der Daten der Arealstatistik empfohlen.

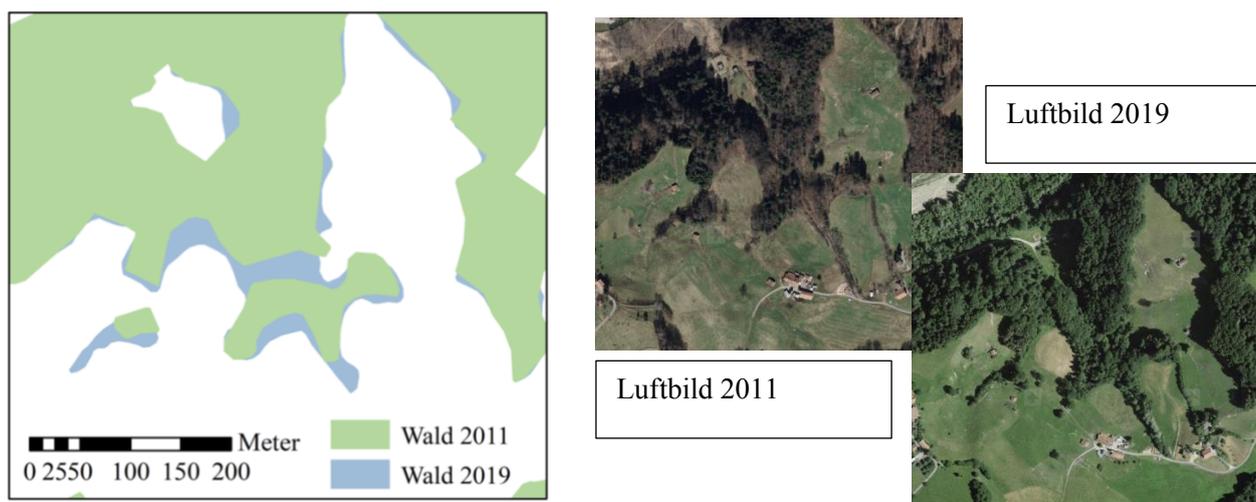


Abbildung 13: Ausschnitt der Waldflächen 2011 und 2019 in der Gemeinde Schwarzenburg. Links: Karierung der Waldflächenveränderung (Datenquellen: Swisstopo 2011¹, 2019¹). Rechts: Luftbilder der Waldflächen zu den beiden Zeitpunkten (© Daten: CNES, Spot Image, swisstopo, NPOC, swisstopo)

Indikator 4: Gebäude ausserhalb der Bauzone

In der Behandlung dieses Indikators ergaben sich kaum sinnvolle Ergebnisse. Es wurde, wie erwartet, eine Zunahme der Gebäudeanzahl festgestellt, wobei jedoch 14'012 zusätzliche Gebäude innerhalb von acht Jahren als unrealistische Zunahme erscheint. Gleichzeitig zeigen die Berechnungen eine Abnahme der Fläche aller Gebäude. Diese unstimmgigen Resultate lassen sich auf die fehlende Vergleichbarkeit der Gebäude-Datensätze der Swiss TLM 3D Vektordaten zurückführen. Dadurch ergeben sich sowohl im Vergleich der Anzahl der Gebäude als auch der jeweiligen Flächen Fehler. Die Gebäude im Jahr 2019 scheinen um einiges genauer erfasst worden zu sein, wie man anhand des Beispielgebäudes in Abbildung 14 erkennen kann. Dieses hat sich, wie man auf dem Luftbild sieht, in der betrachteten Zeitperiode nicht weiter verändert, hat jedoch im Datensatz von 2011 eine Fläche von 5'042.02 m² und im Datensatz aus dem Jahr 2019 eine Fläche von 4'030.8 m², eine Differenz von 1'011.2 m². Es ist anzunehmen, dass durch ähnliche Fälle die Gebäudeflächen im Datensatz 2011 überschätzt wurden. Weiter ist das Beispielgebäude im Datensatz aus dem Jahr 2011 als ein Objekt erfasst, während dasselbe Gebäude im Datensatz aus 2019 als sieben Objekte erfasst ist. So unterscheidet sich die Gebäudeanzahl, obwohl hier keine Bautätigkeiten stattgefunden haben. Somit wurde die Zunahme der Anzahl der Gebäude in der betrachteten Zeitperiode stark überschätzt.

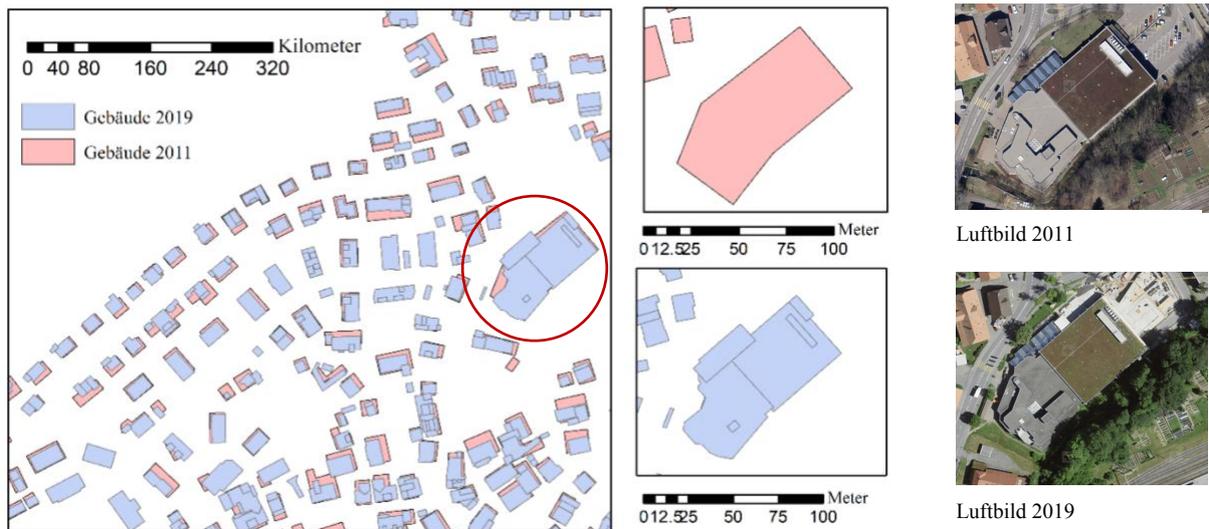


Abbildung 14: Links: Ausschnitt der Kartierung der Gebäude in den Jahren 2019 und 2011 in Schwarzenburg. Mitte: Vergleich eines Beispielgebäudes (Bernstrasse 10, 3150 Schwarzenburg) (Datenquellen: Swisstopo 2011, 2019). Vergleich der Luftbilder dieses Beispielgebäudes (© Daten: swisstopo)

Diese Fehler beeinflussten schliesslich auch die Analyse der Gebäude ausserhalb der Bauzone. Diese haben in dem durchgeführten Vergleich in der betrachteten Zeitperiode um 7'814 zugenommen, wobei deren Fläche wiederum abgenommen hat. Auch das lässt darauf schliessen, dass Gebäudeflächen im Jahr 2011 und die Anzahl Gebäude im Jahr 2019 stark überschätzt wurden.

Hier besteht für künftige Erfassungen des Indikators die Hoffnung, dass Gebäudedaten in kommenden Zeitperioden auf ähnliche Art und Weise, anhand genauer Vermessungsdaten, erfasst werden und so auch vergleichbar sein werden. Um über die Anzahl von Gebäuden eine Aussage zu machen, muss jedoch noch ein Weg gefunden werden, wie mehrere Objekte, die alle Teil eines Gebäudes sind, als ein Gebäude identifiziert werden können. Dabei wäre eine Art Gebäude-ID hilfreich. Alternativ könnte auch mit Hausnummern gearbeitet werden, wobei jedoch dann Fehler entstünden, sobald ein Gebäude mehrere Hausnummern hat.

5 Fazit

Die vorliegende Arbeit bildet eine Grundlage für ein qualitatives Landschaftsmonitoring im RNG. In dieser ersten Analyse der vier gewählten Indikatoren zeigten sich in gewissen Bereichen nicht verwertbare Ergebnisse. Dies kann auf die fehlende Vergleichbarkeit der verfügbaren zugrundeliegenden Datensätze zurückgeführt werden.

Da die Datenerfassung mittels technischer Fortschritte immer einheitlicher und genauer wird, können mittels zukünftiger GIS Analysen, die dem beschriebenen Vorgehen folgen, immer präzisere Aussagen gemacht werden. Möglich wäre dabei die Wiederholung der Analyse in einem 6 Jahre Zyklus. In diesem Rhythmus werden auch die Swiss TLM Daten aktualisiert. So könnten Trends frühzeitig erkannt und langfristig verfolgt werden.

Um Massnahmen zum Schutz der Landschaftsbilder auf Gemeindeebene abzuleiten, wäre es sinnvoll, die in dieser Arbeit behandelten Indikatoren für alle 20 Gemeinden des RNG einzeln zu berechnen. So könnten räumlich differenziertere Aussagen gemacht und konkrete Empfehlungen ausgesprochen werden.

Für ein umfassendes quantitatives Monitoring der Landschaftsveränderungen im RNG sollten die vier Indikatoren mit weiteren ergänzt werden. Siegfried (2010) schlägt in ihrer Masterarbeit neben den hier behandelten Indikatoren 16 weitere vor. In dieser Arbeit nicht behandelt wurden Indikatoren der übergeordneten Kategorien «Gewässer» und «Naturschutz».

Landschafts- element	Indikator	Landschafts- element	Indikator
Landwirtschaft	Entwicklung ökologisch wertvoller Landschaftselemente in der Landwirtschaft	Siedlung	Gesellschaftliche Vorstellung von Wohnen
Landwirtschaft	Durchschnittliche Grösse der Bewirtschaftungsparzelle und Betriebe	Siedlung	Ortsbilder
Landwirtschaft	Gebäude ausserhalb der Bauzone	Wald	Waldflächenveränderung
Landwirtschaft	Intensive/Extensive Nutzung pro landwirtschaftliche Nutzfläche	Wald	Standortgerechte Baumarten
Landwirtschaft	Energieproduktion auf Landwirtschaftsflächen	Wald	Naturschutzstrukturen im Wald
Landwirtschaft	Veränderung der Zerschneidung der Landschaft	Wald	Wertschöpfung Energieholz
Siedlung	Energie- und Wärmeproduktion in der Siedlung (Photovoltaik)	Gewässer	Ökomorphologie der Gewässer
Siedlung	Touristische Infrastruktur	Gewässer	Energieproduktion aus Wasserkraft
Siedlung	Pendler Bewegungen	Gewässer	Hochwasserschutz
Siedlung	Versiegelungsgrad	Naturschutz	Öffentliche Gelder für Natur- und Landschaftsschutz

Abbildung 15: Vorgeschlagene Indikatoren für das Monitoring der Landschaften in der UNESCO Biosphäre Entlebuch (Siegfried 2010).
Mit Markierungen sind die in dieser Arbeit behandelten Indikatoren hervorgehoben.

6 Dank

Ich möchte mich an dieser Stelle für all die Unterstützung bedanken, die ich in der Erarbeitung dieser Forschungsarbeit erhalten habe.

Besonders gilt mein Dank hierbei dem Regionalen Naturpark Gantrisch, der diese Arbeit ermöglicht hat. Ich möchte mich bei Nicole Dahinden für die Betreuung meiner Arbeit, für all die Ratschläge und Rückmeldungen, aber auch für das Vertrauen in meinen selbständigen Arbeitsprozess bedanken. Bei Claudia Vonlanthen bedanke ich mich für all die Unterstützung bezüglich der organisatorischen Fragen.

Weiter gilt mein Dank Prof. Dr. Thomas Hammer, der mich in meiner Arbeit ebenfalls betreut und unterstützt hat. Zudem möchte ich mich bei Roger Bär bedanken, der mich in allen Fragen bezüglich des GIS betreut hat und mich mit viel Geduld bei allen technischen Schwierigkeiten unterstützte.

Auch beim Netzwerk für Schweizer Pärke bedanke ich mich, welches mich mit verschiedenen Inputs innerhalb eines GIS Workshops in meiner Arbeit unterstützt hat. Besonders gilt mein Dank dabei Nadja Bernhard, die für meine Fragen bezüglich Datengrundlagen der Schweizer Pärke immer zur Verfügung stand.

Abschliessend möchte ich mich bei Freunden und Familie für all die Ermunterung, die Begleitung bei Besuchen des Naturparks Gantrisch und auch das kritische Gegenlesen meiner Texte bedanken.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Landschaftstypen im Regionalen Naturpark Gantrisch (FRG 2014).	9
Abbildung 2: Grafische Darstellung der Funktionsweise des GIS Tools «Clip (Analysis)» (ArcGIS Pro 2020).	16
Abbildung 3: Ausschnitt der Kartierung der Siedlungsfläche im Jahr 2019 mittels des Tools «delineate built-up areas» (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011 ³ , 2019, 2019 ³).	19
Abbildung 4: Kartierung der Versiegelung im RNG. Rechts: Übersichtskarte der Versiegelung im RNG. Links: Detailansicht des Orts Riggisberg (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011 ³ , 2019, 2019 ³).	20
Abbildung 5: Zunahme der Zerschneidung im RNG zwischen 2011 und 2019. Links: Detailansicht in der Gemeinde Rüschegg (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011 ³ , 2019, 2019 ³).	24
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Patchgrössen 2011 und 2019.	25
Abbildung 7: Kartierung der drei grössten zusammenhängenden Habitate in RNG zu den Zeitpunkten 2011 und 2019 (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011 ² , 2011 ³ , 2019, 2019 ² , 2019 ³).	26
Abbildung 8: Entwicklung der Waldflächen in der Schweiz zwischen 1985 und 2013 (BAFU 2019).	27
Abbildung 9: Kartierung der Waldflächenzunahme zwischen 2011 und 2019. Rechts: Detailansicht mit Ausschnitten der Gemeinden Guggisberg und Rüschegg (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011 ¹ , 2011 ² , 2019 ¹ , 2019 ²).	29
Abbildung 10: Einwohner ausserhalb der Bauzonen zum Zeitpunkt 2019 (© ARE; Quellen: INFOPLAN-ARE, GEOSTAT-BFS, swisstopo).	30
Abbildung 11: Kartierung der Gebäude ausserhalb der Bauzonen. links: Ausschnitt des Orts Kaufdorf (Datenquellen: BAFU 2019, Kantonale Raumplanungsfachstelle 2012, 2017, Swisstopo 2011, 2019).	32
Abbildung 12: Oben: Kartierung der Zerschneidung mit Kreisen und Pfeilen, die den besprochenen Strassenabschnitt hervorheben (Datenquellen: BAFU 2019, Swisstopo 2011, 2011 ³ , 2019, 2019 ³). Unten: Luftbild dieses Strassenabschnitts aus dem Jahr 2010 (© Daten: CNES, Spot Image, swisstopo, NPOC, swisstopo)	35
Abbildung 13: Ausschnitt der Waldflächen 2011 und 2019 in der Gemeinde Schwarzenburg. Links: Kartierung der Waldflächenveränderung (Datenquellen: Swisstopo 2011 ¹ , 2019 ¹). Rechts: Luftbilder der Waldflächen zu den beiden Zeitpunkten (© Daten: CNES, Spot Image, swisstopo, NPOC, swisstopo)	37
Abbildung 14: Links: Ausschnitt der Kartierung der Gebäude in den Jahren 2019 und 2011 in Schwarzenburg. Mitte: Vergleich eines Beispielgebäudes (Bernstrasse 10, 3150	

Schwarzenburg) (Datenquellen: Swisstopo 2011, 2019). Vergleich der Luftbilder dieses Beispielgebäudes (© Daten: swisstopo).....	38
---	----

Abbildung 15: Vorgeschlagene Indikatoren für das Monitoring der Landschaften in der UNESCO Biosphäre Entlebuch (Siegfried 2010). Mit Markierungen sind die in dieser Arbeit behandelten Indikatoren hervorgehoben.	39
---	----

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Rohdaten.	15
Tabelle 2: Übersicht der Strassenkategorien, die in der GIS Analyse verwendet wurden (Swisstopo 2019 ¹).	18
Tabelle 3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Versiegelung im RNG.	21
Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse zu der Zerschneidung im RNG.	25
Tabelle 5: Kategorien im Layer «Landcover» der Swiss TLM 3D Daten. Markierung (grün) zeigt die für den Indikator Waldflächenveränderung relevanten Kategorien (Swisstopo 2019 ¹).	28
Tabelle 6: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Waldflächenveränderung.	30
Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse zu den Gebäuden ausserhalb der Bauzone.	33

9 Literaturverzeichnis

- ArcGIS Pro (2020): Clip (Analysis). < <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/analysis/clip.htm#>> (Stand: 2020) (Zugriff: 25.10.20).
- ArcGIS Pro (2020¹): Delineate Built-Up Areas (Cartography). <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/cartography/delineate-built-up-areas.htm> (Stand: 2020) (Zugriff: 03.12.20).
- ARE, Bundesamt für Raumentwicklung (2019): Monitoring Bauen ausserhalb Bauzonen – Standbericht 2019. Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE, Bundesamt für Raumentwicklung (2019¹): Monitoring Bauen ausserhalb Bauzonen. <<https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/grundlagen-und-daten/raumb Beobachtung/monitoring-bauen-ausserhalb-bauzonen.html>> (Stand: 29.11.2019) (Zugriff: 03.11.2020).
- ASTRA, Bundesamt für Strassen (2005): Schweizerische Strassenverkehrszählung (SSVZ). < <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/dokumentation/verkehrsdaten/datenpublikationen/strassenverkehrszaehlung.html>> (Stand: 2005) (Zugriff: 27.01.2021).
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2018): Was die Landschaft leistet. <<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/landschaft/fachinformationen/was-die-landschaft-leistet.html>> (Stand: 02.10.2018) (Zugriff: 30.11.2020).
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2019): Waldfläche in der Schweiz. <<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/waldzustand-und-waldfunktionen/waldflaeche-in-der-schweiz.html>> (Stand: 15.10.2019) (Zugriff 23.20.20).
- BFS, Bundesamt für Statistik (2016): Umweltindikator – Bodenversiegelung. <<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raumumwelt/umweltindikatoren/alle-indikatoren/umweltzustand/bodenversiegelung.html>> (Stand: 2016) (Zugriff: 01.11.2020).
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 (SR 451).
- Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (SR 101).
- FRG, Förderverein Region Gantrisch (2014): Strategie «Orts- und Landschaftsbilder». Naturpark Gantrisch.
- FRG, Förderverein Region Gantrisch (2016): Bericht zur Umsetzung der Strategie «Orts- und Landschaftsbilder» und zum Zustand der Landschaft im Naturpark Gantrisch. Regionaler Naturpark Gantrisch.
- FRG, Förderverein Region Gantrisch (2016¹): Monitoring «Orts- und Landschaftsbilder». Regionaler Naturpark Gantrisch.
- IDANE, Interdepartementaler Ausschuss Nachhaltige Entwicklung (2012): Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz – Ein Wegweiser, Bern.

- Jaeger, J.; Bertiller, R.; Schwick, C. (2007): Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885–2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. Kurzfassung. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Oggier, P.; Righetti, A.; Bonnard, L. (2001): Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrs- infrastrukturen COST 341. Umwelt-Wissen Nr. 0714. Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung; Bundesamt für Verkehr; Bundesamt für Strassen. Bern.
- Rey, L.; Hunziker, M.; StremLOW, M.; Arn, D.; Rudaz, G.; Kienast, F. (2017): Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Bern, Umwelt-Zustand Nr. 1641, Bundesamt für Umwelt, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.
- RNG, Naturpark Gantrisch (2019): Leitfaden Räumliche Planung im Naturpark Gantrisch. <https://www.gantrisch.ch/app/uploads/2020/06/20200608_Leitfaden-Räumliche-Planung_web.pdf> (Stand: 2019) (Zugriff: 02.11.2020).
- RNG, Naturpark Gantrisch (2020): Über uns. <Quelle: <https://www.gantrisch.ch/ueber-uns/>> (Stand: 2020) (Zugriff: 21.10.20).
- ROR, Rat für Raumordnung (2019): Megatrends und Raumentwicklung Schweiz, Bern.
- Schweizer Pärke (2020): Bewertung der Veränderung von Natur- und Landschaftswerte (IBVNL). <<https://www.planland.ch/ibnl/intern/start.php>> (Stand: 2020) (Zugriff: 24.10.20).
- Siegfried, A. (2010): Landschaftsmonitoring in der UNESCO Biosphäre Entlebuch. Partizipative Entwicklung von Monitoringindikatoren im Bereich Landschaft. Masterarbeit; Department für Umweltnaturwissenschaften ETH Zürich, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2019): swissTLM3D Version 1.7. Ausgabe 2019.
- Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2019¹): Objektkatalog. swissTLM3D 1.7.
- Verordnung über die Pärke von nationaler Bedeutung (Pärkeverordnung, Päv) vom 7. November 2007 (SR 451.36).
- Wartmann, F.; Hunziker, M. (2020): Herausforderungen Landschaftsentwicklung Schweiz. Zweite Umfrage unter Expertinnen und Experten. WSL. Bern.
- WCED, World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future. Rio de Janeiro.
- Wiesli, T.X.; Hammer, T.; Siegrist, E.G. (2020): Lebensqualität in Verbindung mit Nachhaltigkeit im Regionalen Naturpark Gantrisch. Erste Ergebnisse einer quantitativen Studie. Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung und Umwelt (CDE). Bern.

10 Datenquellen

BAFU, Bundesamt für Umwelt (2019): Schweizer Pärke (Perimeter)

Kantonale Raumplanungsfachstellen, INFOPLAN-ARE
(2012) <<http://www.are.admin.ch/bauzonen>> «Bauzonen»

Kantonale Raumplanungsfachstellen, INFOPLAN-ARE (2017)
<<http://www.are.admin.ch/bauzonen>> «Bauzonen»

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2011): Swiss TLM 3D «Bauten».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2011¹): Swiss TLM 3D «Bodenbedeckung».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2011²): Swiss TLM 3D «Grenzen».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2011³): Swiss TLM 3D «Strasse».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2019): Swiss TLM 3D «Bauten».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2019¹): Swiss TLM 3D «Bodenbedeckung».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2019²): Swiss TLM 3D «Grenzen».

Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie (2019³): Swiss TLM 3D «Strasse»