



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



## Nutzungsänderungen der Landschaft im Unterengadin und ihre Auswirkungen auf die Biodiversität in der Gemeinde Sent

Bachelorarbeit (Bereich Naturwissenschaften und Technik)

Departement Umweltsystemwissenschaften  
Studiengang Umweltnaturwissenschaften

Eingereicht am 12.11.2021  
Abgegeben an Prof. Dr. Felix Kienast (Landscape Ecology Group ETHZ)

Betreuungspersonen: Felix Kienast und Angelika Abderhalden  
Simona Rödlach

[simonaro@student.ethz.ch](mailto:simonaro@student.ethz.ch)

Legi-Nr: 18-917-195

## Inhalt

Abkürzungen.....	3
Begriffserklärungen .....	3
1. Abstract .....	4
2. Einleitung.....	4
3. Problemstellung.....	4
4. Theorie.....	5
4.1 Für die Biodiversität relevante Landschaftskategorien .....	5
4.2 Kleinstrukturen .....	11
4.3 Agrarpolitische Geschichte der Schweiz.....	11
4.4 Einflussfaktoren der landwirtschaftlichen Nutzung .....	13
4.5 Untersuchungsgebiet: Sent .....	13
5. Methodik .....	14
5.1 Datengrundlage .....	14
5.2 Untersuchung der für die Biodiversität relevanten Landschaftskategorien .....	14
5.3 Explorative Felduntersuchung.....	15
5.4 Einflussfaktoren der landwirtschaftlichen Nutzung .....	15
5.5 Intensivierung der Landwirtschaftsfläche – Spectral Variation.....	16
5.6 Untersuchung der Kleinstrukturen .....	18
6. Resultate.....	19
6.1 Neigungen und Strassennetzabdeckungen im Untersuchungsgebiet.....	19
6.2 Veränderungen in den für die Biodiversität wichtigen Landschaftskategorien .....	20
6.3 Explorative Felduntersuchung.....	25
6.4 Intensivierung der Bewirtschaftung der Landwirtschaftsflächen – Spectral Variation.....	27
6.5 Untersuchung der Kleinstrukturen .....	28
7. Diskussion .....	29
7.1 Ausbreitung der Gebüschwälder .....	29
7.2 Extensive Bewirtschaftung fernab der Strassen.....	31
7.3 Von Flachmooren und Steilhängen .....	33
7.4 Methodische Diskussion.....	34
8. Fazit .....	35
9. Danksagung .....	35
10. Literatur .....	36
11. Abbildungsverzeichnis .....	39

12.	Tabellenverzeichnis .....	40
13.	Anhang.....	41
13.1	ArcGIS Models .....	41
13.2	Spectral Variation .....	48
13.3	Excel Tabellen .....	52
13.4	Kurzinterview mit Angelika Abderhalden.....	63
13.5	Zeigerpflanzen für die Felduntersuchung.....	64
13.6	Eigenständigkeitserklärung .....	65

## Abkürzungen

Abkürzung	
BAFU	Bundesamt für Umwelt
GATT	Allgemeines Zoll- und Handelsabkommen (General Agreement on Tariffs and Trade)
LFI	Landesforstinventar
LFI3	Drittes Landesforstinventar, 2010
LFI4	Viertes Landesforstinventar, 2020

## Begriffserklärungen

Arthropoda	Gliederfüßer; Insekten, Tausendfüßer, Krebstiere, Spinnentiere
Gefäßpflanzen	Pflanzen , die spezialisierte Leitbündel besitzen, in denen sie im Pflanzeninneren Wasser und Nährstoffe transportieren
Landschaftscharakter	das gesamte, durch Natur und Kultur geprägte, vom Menschen wahrnehmbare, Erscheinungsbild einer Landschaft
Meliorationen	Massnahmen zur Erhaltung und Förderung des ländlichen Raums
Orthobild	verzerrungsfreie und massstabsgetreue Abbildung der Erdoberfläche
Polygon	Vieleck, in ArcGIS: eine geschlossene Form, die durch eine zusammenhängende Folge von x,y-Koordinatenpaaren definiert ist.
Sömmerung	der sommerliche Weidegang von Nutztieren auf einer Alp
Transekt	Satz von Mess- bzw. Beobachtungspunkten entlang einer geraden Linie
Vorrat (forstlich)	das im Wald lebende Holzvolumen des Bestandes

## 1. Abstract

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist es, die Landnutzungsänderungen der letzten 30 Jahre und ihre Folgen auf die Biodiversität im Unterengadin darzulegen. Dabei werden verschiedene Methoden der Fernuntersuchung von Luftbildern in ArcGIS angewendet. Die Diskussion der Untersuchungsergebnisse zeigt die vorgefundenen Landschaftsänderungen auf und thematisiert mögliche Zukunftsszenarien für einzelne davon.

## 2. Einleitung

Die Alpen weisen eine sehr grosse Variation an unterschiedlicher Topografie und daraus resultierenden Umweltfaktoren auf. Dies führt unter anderem zu einer uneinheitlichen Verteilung und einer hohen Diversität der Vegetation. Dazu kommt der seit Jahrhunderten andauernde Einfluss der Landnutzung (Spatz, Fricke und Prock, 1993; Jutila, 1999). Je nach Art und Intensität der Landnutzung konnten sich deshalb charakteristische Vegetationsgemeinschaften entwickeln (Gómez-Sal, Rodríguez und De Miguel, 1992; Grootjans *u. a.*, 1996).

Lange Zeit war der Druck auf diese vielfältigen Lebensräume und die hohe Biodiversität in den Alpen, verglichen mit den Lebensräumen im dichter besiedelten und auch intensiver genutzten Mittelland, weniger stark. In den letzten Jahren hat jedoch die Landnutzung auch im Alpenraum eine Entwicklung durchgemacht, welche zu einem Verlust der biologischen Vielfalt führt. Viele Kleinstrukturen gehen aufgrund von Meliorationen verloren und neu gebaute Strassen führen zu einer intensiveren Nutzung von Wiesen und Weiden abseits von Dörfern (Gattlen, Klaus und Litsios, 2017).

In den letzten Jahrzehnten hat ein sozio-ökonomischer Shift in den Alpenregionen der Schweiz (und in ganz Mitteleuropa) stattgefunden. Viele Landwirt\*innen geben die Nutzung von steilen, weniger gut erreichbaren Flächen auf. Infolgedessen breitet sich Wald auf diesen Wiesen und Weiden aus (Gattlen, Klaus und Litsios, 2017).

Sowohl die Intensivierungen als auch Landaufgaben führen zu einer Abnahme der Vielfalt an Lebensräumen und Biodiversität in den Alpen (Tasser und Tappeiner, 2002).

Nach dieser Heranführung an das Thema und die Arbeit geht es in einem nächsten Schritt darum, die eigentliche Problemstellung, welche mit dieser Arbeit behandelt werden soll, aufzuzeigen. Danach werden die theoretischen Grundlagen der Thematik dargelegt. Im Kapitel Methodik werden die verschiedenen Untersuchungsmethoden zur Analyse der Luftbilder präsentiert und die explorative Feldaufnahme wird erklärt. Danach folgt die Darlegung der Untersuchungsergebnisse. Zum Schluss folgt eine Diskussion dieser Ergebnisse, in welcher mögliche zukünftige Landschaftsentwicklungen und die dafür notwendigen Massnahmen vorgestellt werden.

## 3. Problemstellung

Das Engadin ist ein inneralpines Trockental im Kanton Graubünden in der Schweiz. Es weist eine hohe Artenvielfalt auf, da das Engadin eine Bergregion ist, welche reich an Natur- und Kulturlandschaften ist. In den letzten 30 Jahren fand ein Nutzungswandel der Landschaft im Unterengadin statt. Einerseits nimmt die Verbuschung, vor allem in den höheren Lagen, zu, was zu einem Verlust an ökologischer Qualität führt. Andererseits werden landwirtschaftliche Flächen vor allem in dorfnahe Lagen immer intensiver genutzt, was ebenfalls eine Reduktion der Vielfalt von Fauna und Flora (Abderhalden, 2021) mit sich bringt.

Das Problem der genannten Entwicklung ist jedoch, dass dieser Verlust der Vielfalt, die Vereinheitlichung, zwar visuell für Expert\*innen sichtbar ist, es jedoch bisher nicht Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung war, ob Grundlagen wie einheitliche und flächendeckende Kartierungen und historische

Datengrundlagen, rückwirkend auf die letzten 30 Jahre vorhanden sind und geeignet wären, diesen Verlust der Vielfalt aufzuzeigen oder nachzuweisen. Dies führt dazu, dass auch keine Massnahmen aufgrund von wissenschaftlichen Daten einforderbar sind und dass keine systematische Strategieentwicklung zum Aufhalten des Verlustes möglich ist.

«Wir stellen immer wieder fest, dass Veränderungen in der Landschaft stattfinden. Das Ausmass und eventuelle Auswirkungen sind nicht immer so einfach nachzuweisen. Daher haben wir überlegt, ob es eine Möglichkeit wäre, im Rahmen einer Bachelorarbeit in einem Teilgebiet verschiedene Methoden anzuwenden, die Rückschlüsse auf das Ausmass der Veränderung geben und auch Rückschlüsse auf die Auswirkung dieser Veränderungen auf die Biodiversität zulassen.» (Angelika Abderhalden, 2021, Geschäftsführerin des UNESCO-Biosphärenreservats Engiadina Val Müstair)

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Strauss an relativ einfachen, heute verfügbaren Methoden vorzustellen, mit denen vergangene Landnutzungsänderungen und ihre Folgen analysiert werden können. Diese Informationen sollen dann in mögliche Zukunftsszenarien einfließen.

## 4. Theorie

Auf den folgenden Seiten werden die theoretischen Grundlagen der Untersuchung dargelegt. Deren Bedeutung in Bezug auf die Untersuchung wird erläutert, und sie dienen später als Bezugspunkte in der Diskussion der Untersuchungsergebnisse.

Als Erstes werden vier für die Biodiversität relevante Landschaftskategorien vorgestellt und ihre Entwicklung in der Schweiz in den letzten Jahren dargelegt. Dabei wird auch darauf eingegangen, was passiert, wenn Flächen verlassen und nicht mehr genutzt und gepflegt werden. Die Bedeutung von Kleinstrukturen wird erläutert und die agrarpolitische Geschichte der Schweiz mitsamt den Folgen auf die Biodiversität wird dargelegt. Als Nächstes wird aufgezeigt, was die, unter anderem durch die Agrarpolitik beeinflussten Hauptfaktoren, für die Nutzungsintensität von Wiesen und Weiden in den Alpen sind. Zum Schluss wird eine Methode vorgestellt, mit welcher diese Nutzungsintensität mithilfe von Fernerkennung per Luftbilder festgestellt werden kann.

### 4.1 Für die Biodiversität relevante Landschaftskategorien

Im Folgenden werden die vier für die Biodiversität relevanten Landschaftskategorien Wald, Gebüschwald, Flachmoore und Trockenwiesen und -weiden näher beschrieben.

#### 4.1.1 Wald

Der Wald bedeckt mit einer Fläche von 1.32 Mio. ha knapp ein Drittel der Schweizer Landesfläche. Er erfüllt wichtige Aufgaben wie der Schutz vor Naturgefahren und die Holzproduktion, beheimatet viele Tiere und Pflanzen und bietet uns Menschen Raum für Freizeit und Erholung. Die häufigste Baumart ist mit Abstand die Fichte (*Picea abies*), darauf folgen die Buche (*Fagus sylvatica*) und die Weisstanne (*Abies alba*). Der Holzvorrat beträgt 421 Mio. m<sup>3</sup>. Er hat seit dem letzten Landesforstinventar (LFI3, 2010) im Landesdurchschnitt weiter zugenommen. Diese Zunahme fand in den Alpen und auf der Alpensüdseite statt, im Mittelland hat der Vorrat weiter abgenommen. Dasselbe gilt für die Waldfläche; auch sie hat, wie seit 150 Jahren, weiter zugenommen. Die neuen Flächen befinden sich mehrheitlich in den höheren Lagen der Alpen.

Das LFI 4 aus dem Jahre 2020 zeigt, dass von den 320 Quadratkilometern, um welche die Waldfläche zwischen 2006 und 2011 zugenommen hat, 40% auf ehemaligen Sömmerungsweiden waren (Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020). Dies bedeutet, dass jedes Jahr Sömmerungsweiden mit einer Fläche des Walensees (2'400ha) zu Wald werden. Eine solche Wiederbewaldung hat einen negativen Einfluss auf die Artenvielfalt, wenn beispielweise artenreiche Trockenwiesen und -weiden, welche durch die Sömmerung

offengehalten wurden, durch artenärmere Waldgesellschaften verdrängt werden (Gattlen, Klaus und Litsios, 2017).

#### 4.1.2 Gebüschwald

Das Landesforstinventar LFI definiert Gebüschwald als Wälder, deren Bestockung zu mehr als zwei Dritteln aus Sträuchern besteht (Kaufmann *u. a.*, 2007). Sie kommen in der Schweiz im Alpenraum und auf der Alpensüdseite vor (siehe Abbildung 1) und machen mit 71'900 ha 5,5% der Schweizer Waldfläche aus. Ein Grossteil der Gebüschwälder (83%) befindet sich auf Höhenlagen über 1'600 m ü. M. (Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020).



Abbildung 1: Verteilung der Gebüschwälder (rot) in der Schweiz (Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020)

Gebüschwälder wachsen als Pioniervegetation auf kargen Standorten wie zum Beispiel auf Lawinenzügen und Geröllhalden (Ballian *u. a.*, 2016; Mauri und Caudullo, 2016). Fast 55% der gesamten Gebüschwaldfläche ist ausschliesslich mit Sträuchern bestockt (reiner Gebüschwald), in die restlichen 45% der Fläche sind auch Einzelbäume eingestreut. Die dominierenden Gehölzarten in Gebüschwäldern sind die Alpenerle *Alnus viridis* und die Legföhre *Pinus mugo prostrata*. Weiter vorkommende Gehölzarten sind der Haselstrauch *Corylus avellana* sowie diverse Weidenarten *Salix sp.* (Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020).

Sowohl die Arealstatistik als auch das LFI zeigen, dass die Gebüschwaldfläche seit 1985 zunimmt (Beyeler, Meinel und Schumacher, 2010; Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020). Diese Zunahme zeigt sich vor allem in den Alpen, wo z.B. innerhalb von acht Jahren (zwischen LFI3 und LFI4) eine Zunahme der Gebüschwaldfläche um 42% stattgefunden hat. Gründe für diese Zunahme sind vorwiegend das Einwachsen von Alpweiden oder unproduktiven Vegetationsflächen als Folge der Landaufgabe (Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020).

### Alpenerle – eine monopolistische Gehölzart

Die Alpenerle (siehe Abbildung 2) ist eine einheimische invasive Art, welche sich mit einer grossen Anzahl leichter Samen schnell verbreitet (Huber und Frehner, 2013). Die Ausbreitung der Alpenerle *Alnus viridis* führt zu drastischen Veränderungen in der Vegetationsstruktur und -diversität, sowie der Arthropodenbiomasse und -diversität. Die Alpenerle hat ein starkes horizontales Konkurrenzvermögen und lässt somit nur das Vorkommen von schnellwüchsigen und schattentoleranten Pflanzenarten in der Unterwuchsvegetation zu (Anthelme u. a., 2001). Fichten beispielsweise können im Unterwuchs der Erlenbestände nur schwer aufkommen. Deswegen können, insbesondere in hohen Lagen, wo grossflächige Alpenerlenbestände vorkommen und wenig Samenbäume vorhanden sind, Alpenerlenbestände oft nicht als Zwischenschritt zum Hochwald, sondern als Dauergesellschaft betrachtet werden (Huber und Frehner, 2013).



Abbildung 2: Gebüschwald, *Alnus viridis*  
Foto Simon Speich, [www.speich.net](http://www.speich.net)

Ab einem Deckungsgrad von 50% hat die Alpenerle eine negative Auswirkung auf das Pflanzenartenreichtum (Anthelme u. a., 2001). Die Alpenerlenausbreitung führt auch zu einer Abnahme der Biomasse und Diversität der Arthropoden. Dieser Rückgang kann das Funktionieren des Ökosystems durch die Veränderung des Nahrungsnetzes beeinträchtigen.

Grundsätzlich lässt sich, gemäss Anthelme *et al.* (2001), daraus folgern, dass sich die Alpenerle als eine monopolistische Gehölzart verhält. Ihr starkes Vorkommen führt gleichzeitig zum Überwiegen der Art oder funktionellen Gruppe, welche die niedrigste Ressourcenrate nutzt.

### 4.1.3 Flachmoore

Moore können überall dort entstehen, wo Böden wassergesättigt sind. Solche Standorte befinden sich entlang von Gewässern, die verlanden, an Orten mit hohem Grundwasserspiegel sowie in Gebieten mit feuchtem Klima, über Ton- und Lehmschichten und in der Umgebung von Quellen (Klaus u. a., 2007). Die extremen Umweltbedingungen im Boden sorgen dafür, dass Pflanzenreste, die abgestorben sind, nur unvollständig zersetzt werden können. Sie häufen sich in der Folge als Torf im Boden an.

Flachmoore (siehe Abbildung 3) sind, im Gegensatz zu Hochmooren, nicht nur mit Regenwasser, sondern auch mit Grund- oder Hangwasser versorgt. Dies führt dazu, dass durch das mineralhaltige Wasser mehr Nährstoffe für die Pflanzen verfügbar sind (Küchler u. a., 2007). Vergleicht man Flachmoore jedoch mit intensiv genutztem Agrar-Grünland, sind auch Flachmoore nährstoffarm.



Abbildung 3: Flachmoor in Sent

Fast alle der heutigen Flachmoore sind in den letzten Jahrhunderten durch menschliche Nutzung entstanden; Wälder wurden gerodet und zu Wiesen und Weiden umgewandelt. Geschah dies auf feuchten Standorten, entstanden häufig Flachmoore. Durch die Rodung der Bäume entfällt deren

Verdunstungsleistung, was die Versumpfung fördert. Wird das Gebiet zusätzlich beweidet, so verdichtet sich der Oberboden, was ebenfalls zu diesem Prozess beiträgt (Küchler *u. a.*, 2007). Flachmoore, die ohne menschliche Einwirkung entstanden sind, kommen nur oberhalb der Waldgrenze oder an Ufern von Flüssen und Seen vor (Küchler *u. a.*, 2007).

Moore stellen ein wichtiges Habitat für bedrohte Pflanzenarten dar. So kommen in den Hoch- und Flachmooren nationaler Bedeutung, die zusammen nur 0.5% der Landesfläche ausmachen, ein Viertel der in der Schweiz bedrohten Gefässpflanzenarten vor (Klaus *u. a.*, 2007).

In den letzten 200 Jahren wurden fast 90% der Moore in der Schweiz zerstört (Bundesamt für Umwelt BAFU: Moore, 2017). Eine zu geringe Feuchtigkeit durch Trockenlegung der Moore sowie die Eindämmung und Begradigung der Flüsse oder auch eine starke Düngung führten dazu, dass Moore sich in Intensivgrünland wandelten (Küchler *u. a.*, 2007).

Ausserdem ist eine Beweidung der Moore nicht mehr möglich. Dies einerseits, weil die Kühe früher leichter waren und heute Trittschäden verursachen, welche zu Erosionen und Rutschungen in Hanglagen führen. Andererseits frassen sie früher Raufutter und trugen dazu bei, Nährstoffe aus dem beweideten Moor zu exportieren. Heute wird Weidevieh mit Kraftfutter nachgefüttert, was dazu führt, dass dem Moor Nährstoffe zugefügt werden (Küchler *u. a.*, 2007).

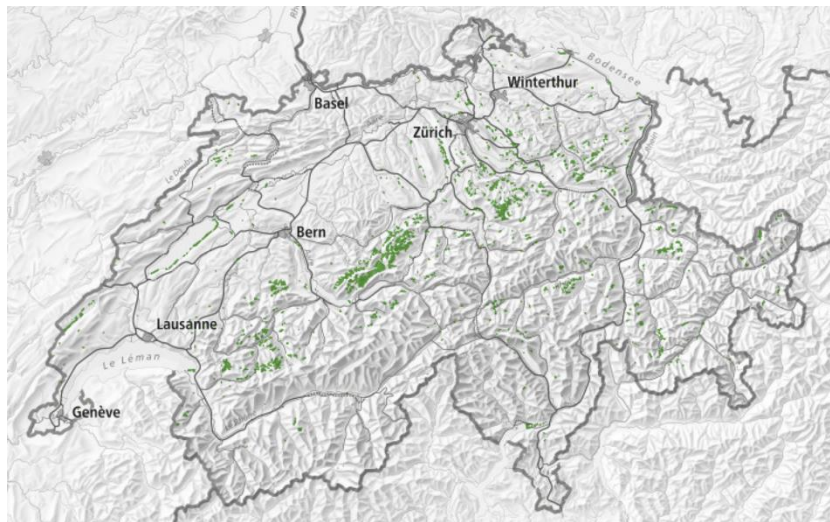


Abbildung 4: Verteilung der Flachmoore nationaler Bedeutung (grün) in der Schweiz 2021 (<https://map.geo.admin.ch/>)

Durch die Annahme der «Eidgenössischen Volksinitiative zum Schutz der Moore» 1987 fand der Moorschutz Eingang in die Bundesverfassung (Bundesamt für Umwelt BAFU: Moore, 2017). Heute stehen 1268 Flachmoore von nationaler Bedeutung unter Schutz (siehe Abbildung 4).

Um einen genügenden Schutz gewährleisten zu können, müssen gemäss Art. 3 Abs. 1 der Hochmoorverordnung (Verordnung über den Schutz der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung, 1991) um die Flachmoore Pufferzonen errichtet werden. Diese sind an das Biotop angrenzende Flächen, deren Ziel es ist, die Flachmoore von Nährstoffeinträgen aus dem angrenzenden Intensivkulturland zu schützen, sowie den für die Flachmoore notwendigen Wasserhaushalt zu gewährleisten. Es fehlen schweizweit um die Flachmoore nationaler Bedeutung 70% der notwendigen Puffer-Flächen (Bundesamt für Umwelt BAFU: Moore, 2017).

Im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit untersuchte Gebiete enthalten keine Flachmoore, welche in die Liste der Flachmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen worden sind.



#### 4.1.4 Trockenwiesen und -weiden

Trockenwiesen (siehe Abbildung 5) sind aufgrund nachhaltiger Landwirtschaft entstanden. Sie verdanken ihre Entstehung einer jahrhundertelangen extensiven Bewirtschaftung in der traditionellen, räumlich fein differenzierten Landwirtschaft. Es sind äusserst artenreiche Standorte auf nährstoffarmen, wenig mächtigen und wasserdurchlässigen Böden (Eggenberg *u. a.*, 2001). Seit 1987 zählt das Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) Trockenwiesen und -weiden (als Trockenrasen bezeichnet) zu den besonders zu schützenden Lebensräumen (Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz NHG, 2020). Jedoch befinden sich 40% der Pflanzenarten und über 50% der Tierarten, die auf diese trockenen Standorte angewiesen sind, auf der nationalen roten Liste und sind somit gefährdet oder gar vom Aussterben bedroht (Eggenberg *u. a.*, 2001). Der Grund für diese Gefährdung ist ein seit über 60 Jahren anhaltender und immer noch fortschreitender Trockenwiesen-Flächenverlust; in dieser Zeit sind schätzungsweise 95% der Trockenwiesenflächen in der Schweiz verschwunden (momentane Verteilung siehe Abbildung 6). Die Intensivierung der Landwirtschaft sowie Nutzungsaufgaben sind die zwei wichtigsten Gründe für diesen Flächenverlust (Zimmermann *u. a.*, 2008).



Abbildung 5: Mesobromion/Halbtrockenwiese

Foto: Wolfgang Bischoff

<https://www.flickr.com/photos/60917585@N03/908551121/in/photostream/>

Seit 1994 leitet das Bundesamt für Umwelt BAFU ein Projekt zum Schutz der Trockenwiesen und -weiden mit dem Namen «Trockenwiesen und -weiden der Schweiz», kurz TWW (Eggenberg *u. a.*, 2001). Das Ziel dieses Projektes ist es:

«Die trockenen und wechsellackenen Wiesen und Weiden der Schweiz, sowie ihr Potenzial als Lebensraum für Flora und Fauna, insbesondere für gefährdete Arten [zu] erfassen, schützen, pflegen und fördern (...)» sowie «Die dazu erforderlichen Pflege- und Bewirtschaftungsformen [zu]erhalten und fördern.»

Im diesem Sinne erhalten Landwirt\*innen seit 1998 Direktzahlungen für Trockenwiesen und -weiden (Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft, 1998).

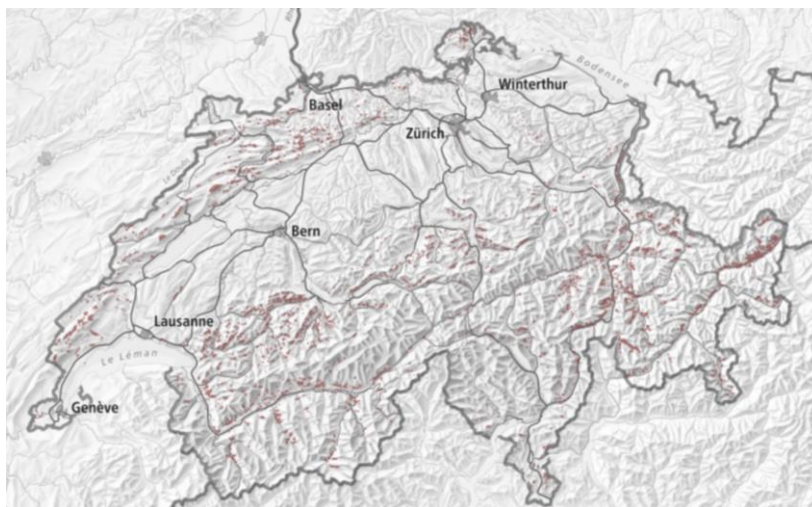


Abbildung 6: Trockenwiesen und -weiden (rot) in der Schweiz 2021 (<https://map.geo.admin.ch/>)

## Nutzungsaufgabe von Trockenwiesen und -weiden

Wie im oberen Abschnitt genannt, ist die Nutzungsaufgabe von Trockenwiesen und -weiden einer der Hauptgründe für ihren fortschreitenden Flächenverlust. Im Folgenden wird daher aufgezeigt, was dies für die Landschaft bedeutet. Dabei wird der Entwicklungsprozess von einer Trockenwiese, die aufgegeben wird (nicht mehr genutzt), bis hin zum Wald beschrieben.

Als Brachland wird landwirtschaftliches Land bezeichnet, welches nicht (mehr) landwirtschaftlich und auch nicht anderweitig genutzt wird (Surber, Amiet und Kobert, 1974). Barderleben und Gekle (1978) unterscheiden in ihrem Buch «Nutzen- und Schadenskomponenten bei gepflegter und ungepflegter Brache» zwei verschiedene Typen von Brachen, je nach Entstehung: Die Sozialbrache und die Grenzertragsbrache. Erstere entstanden aufgrund sozialökonomischer und agrarstruktureller Umstände wie der Flurzersplitterung oder auch neu aufkommender, günstigerer Möglichkeiten, um ausserlandwirtschaftlich erwerbstätig zu sein. Die Zweiten sind aufgrund natürlicher Umstände wie z.B. zu hohe Hangneigungen oder unpassenden Bodenverhältnissen (Gekle und Barderleben, 1978) entstanden.

Mit der Aufgabe der Nutzung von Wiesen und Weiden wird auf ihnen ein Entwicklungsprozess eingeleitet. Die darauf vorkommende Vegetationsgemeinschaft strebt wieder ihr natürliches, dynamisches Equilibrium an (White u. a., 1999). Dieser Prozess nennt sich Sukzession. Falls das Land vorher landwirtschaftlich genutzt wurde, wird von einer sekundären Sukzession gesprochen. Im Rahmen der Sukzession durchläuft die Flora auf einem brachliegenden Land verschiedene Vegetationssukzessionen, welche sich ohne äussere Einflüsse zu einer, dem Standort angepassten, Vegetationsgemeinschaft entwickelt. In der Schweiz ist dies, unterhalb der klimatischen Baumgrenze, meistens eine Waldgesellschaft (Surber, Amiet und Kobert, 1974). Äussere Einflüsse wie beispielsweise Brände oder andere Störungen, führen dazu, dass ein Mosaik aus Flächen entsteht, welche diesen Prozess durchgehen.

Wenn auf einer extensiven Grünlandnutzung, wie zum Beispiel Trockenwiesen und -weiden, das Gras nicht mehr mindestens einmal pro Jahr genutzt wird, so bildet sich in zwei, drei Jahren ein dichter Grasfilz auf dieser Fläche. Er kann an Hanglagen als Gleitfläche für Schnee wirken und ist bei Trockenheit brandanfällig. Durch Samenanflug aus der Umgebung oder Wurzeln stellen sich kurze Zeit später Stauden ein. Diese mehrjährige Staudenvegetation kann eine Gefahr der Verunkrautung von Nachbarkulturen durch Samenflug darstellen. Nach einer Weile wird diese Staudenphase vorherrschend und verdrängt die Grasphase. Sträucher, wie zum Beispiel *Alnus sp.* und *Pinus mugo*, können mit den Stauden aufkommen oder sich von benachbarten Hecken und Waldrändern vordrängen. Letztlich stellen sich Waldbäume ein, welche sich allmählich zu einem Wald verdichten (Surber, Amiet und Kobert, 1974).

### Liste der vier oben beschriebenen Phasen einer Sukzession

1. Gras- und Kraut-Phase
2. Stauden-Phase
3. Strauch-Phase
4. Baum-Phase

(nach Surber et al., 1974)

Standorteigenschaften, vorherige Nutzungen und auch Einflüsse aus der Nachbarschaft können zum Ausfallen oder Überspringen einzelner Phasen führen oder auch zur Rückkehr in ein früheres Stadium. Diese Faktoren beeinflussen auch die zeitliche Dauer der verschiedenen Phasen. Je nachdem, wie günstig die Standortverhältnisse sind, kann der Übergang von der Brachlegung bis zum geschlossenen Wald sehr schnell ablaufen. In montanen und subalpinen Lagen dauert der Prozess zwei bis drei Jahrzehnte (Surber, Amiet und Kobert, 1974).

Nebst den oben beschriebenen vier für die Biodiversität relevanten Landschaftskategorien sind auch kleine Strukturelemente innerhalb der verschiedenen Landschaften von grosser Bedeutung für die darauf vorkommende Biodiversität.

#### 4.2 Kleinstrukturen

Kleinstrukturen wie Hecken, Trockenmauern und Einzelbäume sind bedeutsame Kulturlandschaftselemente für die biologische Vielfalt. Sie bieten für viele Tier- und Pflanzenarten wichtige Lebensräume. Einzelstehende Bäume und andere Strukturelemente erhöhen in den sonst nischenarmen Landwirtschaftsflächen die strukturelle Komplexität und tragen so zur Erhöhung der Biodiversität bei (Baur und Stingelin, 1997).

In der Schweiz gehen auf den landwirtschaftlichen Flächen die wichtigen Kleinstrukturen weiterhin verloren (Gattlen, Klaus und Litsios, 2017). Im Zuge von Meliorationen der immer intensiveren Landwirtschaft in den letzten Jahren wurden viele Kleinstrukturen, welche den Maschineneinsatz erschweren, ausgeräumt.

Nach dieser Beschreibung der verschiedenen Landschaftskategorien und -elemente wird in einem nächsten Schritt aufgezeigt, welchen Einfluss agrarpolitische Entscheide und Gesetze auf ihre Entwicklung und jene der Nutzung der gesamten Landschaft der Schweiz durch die Landwirtschaft ausübten.

#### 4.3 Agrarpolitische Geschichte der Schweiz

Im Folgenden werden verschiedene Etappen der Schweizer Agrarpolitik beschrieben. Sie haben die Landnutzung im Untersuchungsgebiet mitgeprägt. Eine Folge davon war, dass die Anzahl der Landwirtschaftsbetriebe von 1955 bis 1990 um fast 50% zurückgegangen ist, während die landwirtschaftliche Kulturlfläche in derselben Zeit um nur 3% abgenommen hat. Dies zeugt von einer steten Umverteilung zu grösseren Betriebseinheiten (Rieder, 1997). Nachfolgend werden verschiedene Abschnitte der Agrarpolitik wiedergegeben, welche erklären, wie es zu dieser Entwicklung gekommen ist.

##### 4.3.2 1960 – 1970

Die Schweizer Landwirtschaft erfuhr in den Nachkriegsjahren die weltweit grösste flächenbezogene Intensitätssteigerung (Rieder, 1997):

Bis kurz nach dem Zweiten Weltkrieg war die Schweizer Landwirtschaft noch weitgehend traditionell. Dies änderte sich ab den 60er Jahren, als der wirtschaftliche Druck sowie politische Anreize zu einer Entwicklung weg von traditionellen Arbeitsweisen und hin zu einer intensiveren und einseitigeren Agrarproduktion führten. So wurde beispielsweise eine intensivere Tierhaltung gefördert, um der unbefriedigenden Einkommenslage in kleinen und mittleren Betrieben entgegenzuwirken. Ebenso wurde zu dieser Zeit, mittels Prämien zur Fällung von Hochobstbäumen und deren Ersatz mit Niederstammanlagen, der intensivere Obstbau gefördert (Anwander Phan-huy, 2000).

Folgen für die Biodiversität:

Der Schweinebestand in der Schweiz stieg in diesen Jahren um 45%, der Geflügelbestand um 10%. Da der noch extensive Naturfutteranbau den wachsenden Futtermittelverbrauch nicht mehr decken konnte, wurde das Verbot, Mineräldünger auf Natur- und Mähwiesen auszubringen, aufgehoben.

Auch der Verlust der Feldobstbäume wiegt ökologisch schwer, da Streuobstbestände und ihre Unternutzungen zu den artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas zählen (Anwander Phan-huy, 2000).

##### 4.3.3 1970 – 1984

Sowohl das europäische Naturschutzjahr 1970 und der Bericht «Die Grenzen des Wachstums» (Club of Rome, 1974) als auch der immer stärkere Einfluss der Forschung führten in den 70er Jahren zu einer höheren Sensibilisierung der Gesellschaft für den Umweltschutz und einer vermehrten öffentlichen Auseinandersetzung mit den von der Landwirtschaft verursachten Umweltproblemen. Als Folge davon wurden die Verwendung von DDT in der Landwirtschaft verboten (1972), das Forschungsinstitut für

biologischen Landbau FIBL sowie verschiedenste Umwelt-/Tierschutz- und Landwirtschaftsorganisationen gegründet.

Wie Sibyl Anwander Phan-huy in «Ökologisierung der Agrarpolitik in der Schweiz - Historische Entwicklung und erste Beurteilung» schreibt, beeinflusste der Druck aus Wissenschaft und Öffentlichkeit die parlamentarische Debatte nicht oder es folgten nur kleine Eingriffe und Regulierungen, mit welchen lediglich Symptombehandlung betrieben wurde. Oft wurden auch nur freiwillige Empfehlungen gegeben (Anwander Phan-huy, 2000).

#### *4.3.4 1984 – 1992*

Trotz zunehmender Überschusslage (Agrarmarktüberschüsse) wurde von landwirtschaftlichen Interessensorganisationen (mit Unterstützung vom Bundesrat) lange an einer produktionssteigernden Landwirtschaftspolitik festgehalten. Da das Bundesamt für Umwelt BAFU und landwirtschaftliche Forschungsanstalten zu wenig institutionellen Einfluss besaßen, konnten sie nötige Veränderungen hin zu einer ökologischeren Landwirtschaft nicht allein durchsetzen.

Aufgrund zunehmendem rot-grünen parlamentarischen Druck während der 80er Jahre, entstand schliesslich die Forderung nach einer umfassenden Agrarreform, welche das Ziel haben sollte, den Widerspruch zwischen den ökologischen und den ökonomischen Anliegen aufzulösen (Anwander Phan-huy, 2000). Diese umfasst zwei Etappen und wird nachfolgend dargelegt.

#### *Änderung des alten Landwirtschaftsgesetzes (ab 1992):*

##### 1. Reformetappe (1993):

**Trennung der Produktionspreispolitik von der Einkommenspolitik:** Einkommen der Landwirt\*innen wurden zunehmend über produktionsunabhängige Direktzahlungen ausgeglichen. Dies führte dazu, dass produktionsintensivere Betriebe durch die Reform relativ grössere Verluste hatten als extensiv produzierende Betriebe (Rieder, 1997).

**Verpflichtungen der Uruguayrunde des GATT:** Agrarpreise mussten gesenkt werden, ein minimaler Marktzutritt für Agrarprodukte musste gewährt und die Exportsubventionen gekürzt werden. Die Senkung der Agrarpreise wurde teilweise durch Direktzahlungen ausgeglichen, was wiederum eine relative Bevorzugung der extensiv produzierenden Betriebe im Vergleich zu intensiven Betrieben zur Folge hatte. Diese bevorzugten Betriebe befanden sich mehrheitlich in Berggebieten und in der Westschweiz (Rieder, 1997).

##### 2. Reformetappe (1996) Liberalisierung der Agrarmärkte:

Mit einem neuen Landwirtschaftsgesetz sollte die landwirtschaftliche Gesetzgebung bis ins Jahr 2002 liberalisiert werden. Durch diese sogenannte Agrarpolitik 2002 (AP 2002) und die damit wegfallenden staatlichen Eingriffe auf den Märkten entstand eine neue Marktfreiheit. Darin wurden neu die Lage des betrieblichen Standorts sowie das Absatzpotential für die produzierten Produkte wichtig (Rieder, 1997).

Neben dieser ersten wichtigen Agrarreform ist für die vorliegende Arbeit jene aus den Jahren 2014-2017 von grosser Bedeutung.

#### *AP 14 – 17 (Agrarpolitik 2014 – 2017)*

Mit der Agrarpolitik 2014 -2017 wurde das Direktzahlungssystem weiterentwickelt. Die zuvor tierbezogenen Beiträge wurden in flächen- und landschaftsqualitätsbezogene Versorgungsbeiträge umgelagert. Ausserdem beschloss das Parlament einen zusätzlichen Beitrag für Betriebe mit hohem Anteil an Steillagen (AP 14-17 BLW, 2014). Mit dem Ziel, die Offenhaltung der Kulturlandschaft zu sichern, wurde so die Bewirtschaftung von Hängen und Sommerweiden stärker gefördert.

Durch die Anpassungen im Direktzahlungssystem veränderte sich die Höhe der Direktzahlungen pro Betrieb; die stärkere Förderung der Leistungen der Berg- und Sömmerungsbetriebe wirkte sich zu Lasten der Talbetriebe aus (Bundesamt für Landwirtschaft BLW: Ziele der AP 2014-2017, 2015).

Nach dieser kurzen Darlegung der wichtigsten Entwicklungen in der Agrarpolitik der letzten Jahrzehnte werden nun konkrete Faktoren vorgestellt, welche die Landnutzung kleinräumig vor Ort geprägt haben.

#### 4.4 Einflussfaktoren der landwirtschaftlichen Nutzung

Neben und zum Teil in Wechselwirkung mit den politischen Einflüssen auf die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen, gibt es zwei konkrete, mit der Situation vor Ort verbundene Faktoren, welche die Nutzungsintensität beeinflussen.

Laut Tasser und Tappeiner, 2002 hängt der Grad der Nutzungsintensität von Wiesen hauptsächlich von der Neigung des Geländes sowie der Zugänglichkeit des Standortes für landwirtschaftliche Maschinen ab.

Eine Studie, welche im Südtirol durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass alle Flächen, welche intensiv bewirtschaftet wurden, eine Neigung von 18 – 28° aufwiesen. Extensive Wiesen hingegen lagen an steileren Hängen mit einer Neigung von 24 – 34°. Diese waren nur zu 60% für Traktoren zugänglich. Aufgegebene Flächen lagen an Hängen, welche steiler als 30° waren und nur 8% dieser Flächen waren für landwirtschaftliche Maschinen zugänglich (Tasser und Tappeiner, 2002).

Nach dieser Aufarbeitung der Grundlagen, welche die Diskussion der Untersuchungsergebnisse ermöglichen, wird nun das Gebiet, in welchem diese Untersuchungen in Bezug auf die thematisierten Aspekte stattfinden wird, kurz vorgestellt.

#### 4.5 Untersuchungsgebiet: Sent

Stellvertretend für das Unterengadin wird in dieser Arbeit nur das Gebiet der Gemeinde Sent in der Gemeinde Scuol auf Anzeichen von Landnutzungsänderungen untersucht. Das Engadin ist ein Hochtal im Osten der Schweiz im Kanton Graubünden (siehe Abbildung 7). Das Dorf Sent befindet sich auf 1440 m ü. M..

Klima: Das Klima in Sent ist kontinental, die Tageshöchstwerte liegen im Jahresmittel bei 18° Celsius und die Durchschnittswerte der Nacht bei 5° Celsius. Die durchschnittliche jährliche Sonnenscheindauer beträgt 5 Stunden pro Tag (klima.org, 2021).



Abbildung 7: Lage des Dorfes Sent in der Schweiz  
(<https://map.geo.admin.ch/>)

Geologie: Das Gebiet Sent ist Teil des «Unterengadiner Fensters». Dieses ist eine tektonische Überlagerung von jüngerem Gestein durch älteres. Die darüber liegenden penninischen Schiefer-Schichten wurden durch Erosion abgetragen, wodurch der tiefer liegende Bündner Schiefer an die Oberfläche gelangte (sent-online.ch, 2021)

Somit ist die theoretische Grundlage vollständig und es folgt die Beschreibung des konkreten methodischen Vorgehens.

## 5. Methodik

In diesem Kapitel werden die verwendeten Daten aufgelistet und die Methoden vorgestellt, welche in den Teiluntersuchungen angewendet werden. Um Ergebnisse zu den in der Theorie aufgegriffenen möglichen Ursachen einer Landschaftsveränderung wissenschaftlich darlegen zu können, wurde für die dafür geeigneten Untersuchungsmethoden je ein passender Ausschnitt des Gebietes gewählt.

### 5.1 Datengrundlage

Das Untersuchungsmaterial besteht aus Luftbildern des Gebietes der Fraktion Sent der letzten 35 Jahre. Tabelle 1 zeigt eine Auflistung der genutzten Daten.

Tabelle 1: Übersicht der genutzten Daten

Jahr	Genutzte Daten
1985	Ortho_scuol_1985 (Orthobild schwarz/weiss)
1997	Ortho_scuol_1997 (Orthobild schwarz/weiss)
2010	Swissimage_2010 (Luftbild rot-grün-blau)
2014	LQ_Daten_Unesco_Biosfera (Landschaftskartierung)
2020	Swissimage_2020 (Luftbild rot-grün-blau)

### 5.2 Untersuchung der für die Biodiversität relevanten Landschaftskategorien

2014 wurde durch Arinas environment ([www.arinas.ch](http://www.arinas.ch)) und den Plantahof eine umfassende Landschaftskartierung des Unterengadins durchgeführt. Dabei wurden, unter vielen anderen, die für die vorliegenden Untersuchungen relevanten Landschaftskategorien in Form von Polygonen ausgeschieden.

Als Erstes wird im Rahmen dieser Arbeit für das Untersuchungsgebiet (die Fraktion Sent) in ArcGIS ein Transektennetz mit einem Abstand von 500 Metern zwischen den Linien parallel zum Dorf Sent gelegt. Dann wird im Abstand von 200m ein Punkt auf die Linien gesetzt. Dieses Punktenetz (siehe Abbildung 8) wird als Grundlage für die Untersuchung verwendet, hier 200m-Netz genannt.

Mithilfe der Landschaftskartierungsdaten des Landschaftsqualitäts-Projekt LQ von 2014 werden alle Punkte der verschiedenen, für die Biodiversität wichtigen (siehe vorheriges Kapitel) Kategorien Wald, Gebüschwald, Trockenwiesen und -weiden und Flachmoore, welche in 2014 einer dieser Kategorie angehörten, ausgeschieden.

Das weitere Vorgehen je Kategorie wird im Folgenden beschrieben.

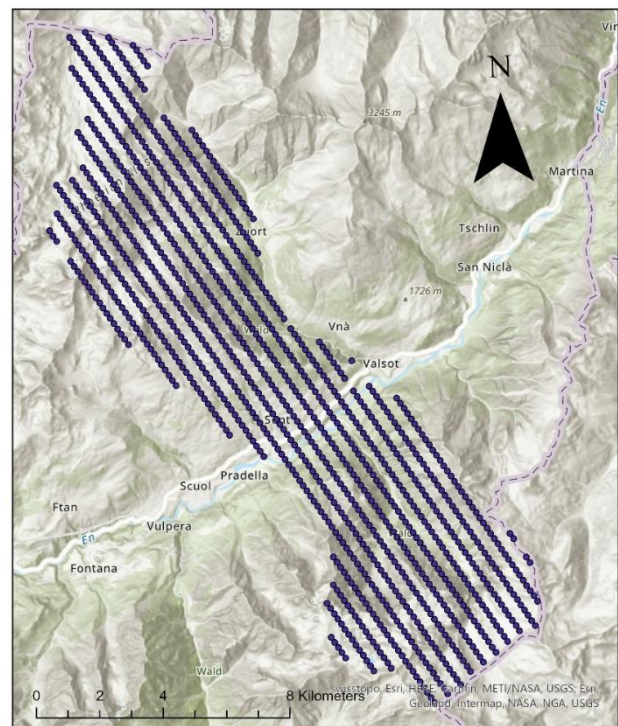


Abbildung 8: Punktenetz über der Gemeinde Sent, 200m Abstand zwischen den Punkten

### 5.2.1 Untersuchung der Waldveränderung

Im 200m-Netz werden 220 Waldpunkte durch die LQ-Daten ausgeschieden. Da dies zu viele Punkte wären, um alle von Auge zu untersuchen, wird nur jeder 4. Punkt, insgesamt 56, untersucht. Bei jedem dieser Punkte wird geschaut, ob auf den vier Luftbildern der letzten 35 Jahre schon Wald da war. Wenn nicht, wird das Jahr notiert, ab welchem der Wald aufkam. In der Schweiz hat jeder Kanton seine eigene Definition von Wald, es wird für diese Arbeit diejenige des Kantons Graubünden genutzt: «Der Deckungsgrad muss über 0.5 liegen. Gleichzeitig muss die Mehrheit der Bäume und Sträucher mindestens 20 Jahre alt sein.» (Amt für Wald und Naturgefahren, 2014). Es wird pro Punkt ein Umkreis von ungefähr 50m untersucht.

### 5.2.2 Untersuchung der Gebüschwaldveränderung

Im 200m-Netz konnten 47 Punkte der Kategorie Gebüschwald zugeordnet werden. Für jeden dieser Punkte wird im zugehörigen LQ-Daten-Polygon geschaut, ob in den letzten 35 Jahren eine Zunahme des Deckungsgrades stattgefunden hat bzw. ob der Gebüschwald dichter geworden ist. Dies weil die Alpenerle, welche die Hauptart in den Gebüschwäldern der Schweiz ist, mit einem höheren Deckungsgrad einen immer negativeren Einfluss auf das Pflanzenartenreichtum hat (siehe Kapitel 4.1.2).

### 5.2.3 Untersuchung der Flachmoorveränderung

Im 200m-Netz werden nur 13 Punkte an Flachmooren ausgegeben. Deshalb wird für diese Kategorie ein Raster mit 60m Abstand zwischen den Punkten auf das Transektennetz gelegt. Dabei werden 34 Flachmoorpunkte ausgeschieden. Es wird für jedes zu einem Punkt gehörige Polygon geschaut, ob in den letzten 35 Jahren eine Verbuschung stattgefunden hat. Die Verbuschung ist das Kriterium, weil es das in Fernerkundungsbildern am besten sichtbare Anzeichen für Veränderungen in Flachmooren ist. Wenn eine Verbuschung stattgefunden hat, wird das Jahr notiert, in welchem die Verbuschung das erste Mal vorgekommen ist.

### 5.2.4 Untersuchung der Trockenwiesenveränderung

Im 200m-Netz werden 27 Punkte der Kategorie Trockenwiesen und -weiden ausgegeben. Wiederum wurde für jeden Punkt das zugehörige Polygon untersucht und notiert, ob und ab wann eine Verbuschung stattgefunden hat. Wiederum sind Verbuschungen das am einfachsten erkennbare Anzeichen für Veränderungen in Trockenwiesen und -weiden.

Nebst dieser grossflächigen Untersuchung der Landschaftsveränderungen per Fernerkundung im Gemeindegebiet wird auch eine kleinräumige Felduntersuchung vor Ort durchgeführt.

## 5.3 Explorative Felduntersuchung

Um aus den Untersuchungspunkten der «Untersuchung der für Biodiversität relevanten Landschaftskategorien» Flächen für die Feldstudie zu generieren wird in ArcGIS ein Gitternetz aus rechteckigen Zellen (*Fischnetz*) mit 1km<sup>2</sup>-grossen Zellen über das ganze Gebiet gelegt. In diesem Gitternetz werden die Untersuchungspunkte aggregiert. Daraus resultieren unterschiedlich gefärbte Flächen, je nach Anzahl der Punkte mit einer Veränderung; rote Flächen mit vielen veränderten Punkten und grüne mit wenig oder keinen veränderten Punkten.

Für zwei beispielhafte Flächen, eine mit vielen veränderten Punkten und eine mit wenig Veränderung wird eine explorative Felduntersuchung durchgeführt. Dabei werden die Flächen abgeschritten, fotografiert sowie eine Vegetationstypen-Kartierung nach Dietl (Dietl, 1979) durchgeführt.

## 5.4 Einflussfaktoren der landwirtschaftlichen Nutzung

Wie im Theoriekapitel 4.4 dargelegt, hängt der konkrete Grad der Nutzungsintensität von Wiesen hauptsächlich von der Neigung des Geländes sowie der Zugänglichkeit des Standortes für landwirtschaftliche Maschinen ab.

Einerseits wird, um die Zugänglichkeit der Untersuchungsfläche zu ermitteln, für jede Kategorie einzeln sowie für alle zusammen überprüft, welche Untersuchungspunkte in einem max. 200m Abstand einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse liegen. Die genauen GIS-Befehle sind im Model im Anhang (Kapitel 13.1) zu finden.

Um andererseits die Neigung zu untersuchen, wird ein digitales Höhenmodell verwendet. Dieses wird zu vier Steilheitsklassen, gemäss Tasser und Tappeiner, 2002, reklassifiziert:

- Klasse 1: Tiefe Steilheit, 0 - 18°
- Klasse 2: Mittlere Steilheit 18 – 26°
- Klasse 3: Hohe Steilheit 26 – 35°
- Klasse 4: Sehr hohe Steilheit 35 – 90°

Anschliessend wird für alle Kategorien überprüft, welche Untersuchungspunkte in welcher Steilheitsklasse liegen. Die genauen GIS-Befehle sind im Model im Anhang (Kapitel 13.1) zu finden.

Nebst diesen Untersuchungen, welche sich primär mit den Veränderungen aufgrund von zu wenig Nutzung und deren Ursachen befassen, wird im nächsten Abschnitt erklärt, wie eine intensive Nutzung der Landschaft per Fernerkundung nachweisbar ist.

#### 5.5 Intensivierung der Landwirtschaftsfläche – Spectral Variation

Da die Intensivierung der Bewirtschaftung von Landwirtschaftsflächen einen Einfluss auf die gesamte Landschaft hat, wird nachfolgend erklärt, wie eine solche Intensivierung und ihre Folgen gemessen werden können.

Um die Intensivierung auf den Landwirtschaftsflächen zu untersuchen, wird die Spectral Variation Hypothesis von Palmer et al. (2002) genutzt. Palmer et al. gehen davon aus, dass räumliche Variation, ausgedrückt als Standardabweichung des Reflektionsgrades in Fernerkundungsbildern, mit der Variation in der Umwelt korreliert. Dieser Zusammenhang zwischen spektraler Heterogenität und biologischer Vielfalt nennt sich Spectral Variation Hypothesis, SVH.

Dazu wird die Heterogenität der Landschaftsflächen in den verschiedenen Luftbildern der Jahre 1985, 1997, 2010 und 2020 untersucht. Für das Messen der Intensivierung wird ein Ausschnitt des Gemeindegebietes untersucht. In einem Streifen mit derselben Neigung wie das Punktenetz, der von der Siedlung in die höheren Lagen des Gemeindegebietes von Sent geht, werden zehn Rechtecke ausgeschieden. Alle Rechtecke, welche Strassen, Gebäude oder Lawinenverbauungen enthalten, werden entfernt, um eine Verfälschung der Berechnungen zu vermeiden (siehe Abbildung 9). Die zehn Rechtecke haben je eine Länge von 100m und eine Breite von 60m, sie sind also 60'000m<sup>2</sup> gross. Diese Grösse wird gewählt, damit in einem Rechteck mehrere Bewirtschaftungsarten und verschiedene Landnutzungsklassen vorkommen.



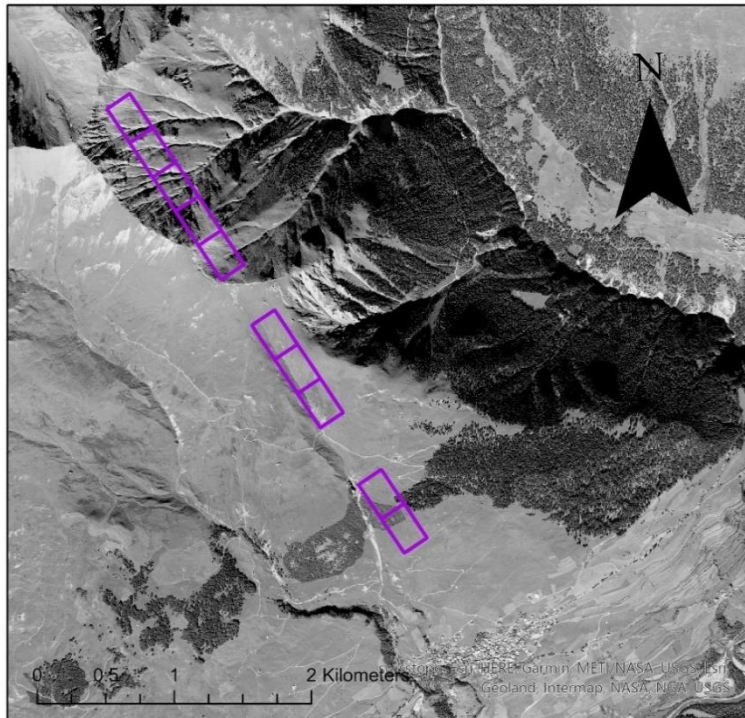


Abbildung 9: Transekt mit Polygonen für die Heterogenitätuntersuchung

Als Erstes werden alle Luftbilder der tiefsten Auflösung (0.5mx0.5m) des Luftbilds von 1985 angepasst. Weiter wird bei den farbigen rgb-Luftbildern (2010 und 2020) der Durchschnitt der Werte pro Pixel der drei Bänder ausgerechnet, um sie mit den schwarz-weissen Bildern mit einem Band (1985 und 1997) vergleichen zu können. Schlussendlich werden pro Rechteck die Standardabweichung der Pixelwerte, die Spannweite und der Mittelwert der Pixelwerte berechnet.

Mittels Untersuchung der Standardabweichung kann das Ausmass der Homogenität der Landschaft von verschiedenen Rechtecken verglichen werden. Kleinstrukturen wie Hecken, Trockenmauern und Einzelbäume können die Heterogenität von Landschaften erhöhen. Im Folgenden wird erklärt, wie die Entwicklung von Einzelbäumen über die Jahrzehnte als eines dieser Landschaftselemente näher untersucht wird.

## 5.6 Untersuchung der Kleinstrukturen

Als Kriterium für die Veränderung der Anzahl Kleinstrukturen wurden Einzelbäume gewählt, da sich im Untersuchungsgebiet nur sehr wenige Trockenmauern befinden und Hecken per Fernerkennung schwer erkennbar sind.

Zur Untersuchung der Kleinstrukturen wird ein Streifen von 200m Breite und 10km Länge definiert (siehe Abbildung 10). Dieser verläuft parallel von der Siedlung in höhere Lagen, wiederum mit derselben Neigung wie bei den bereits erläuterten Untersuchungen. Der Streifen wird in 20ha grosse Rechtecke unterteilt. Jedes davon wird für die vier Zeitschritte (1985, 1997, 2010 und 2020) auf das Vorkommen von Einzelbäumen hin untersucht. Als Einzelbäume zählen Bäume, welche einen Mindestabstand von 10m zu anderen Bäumen haben (Einheimische standortgerechte Einzelbäume und Alleen - agridea, 2018).

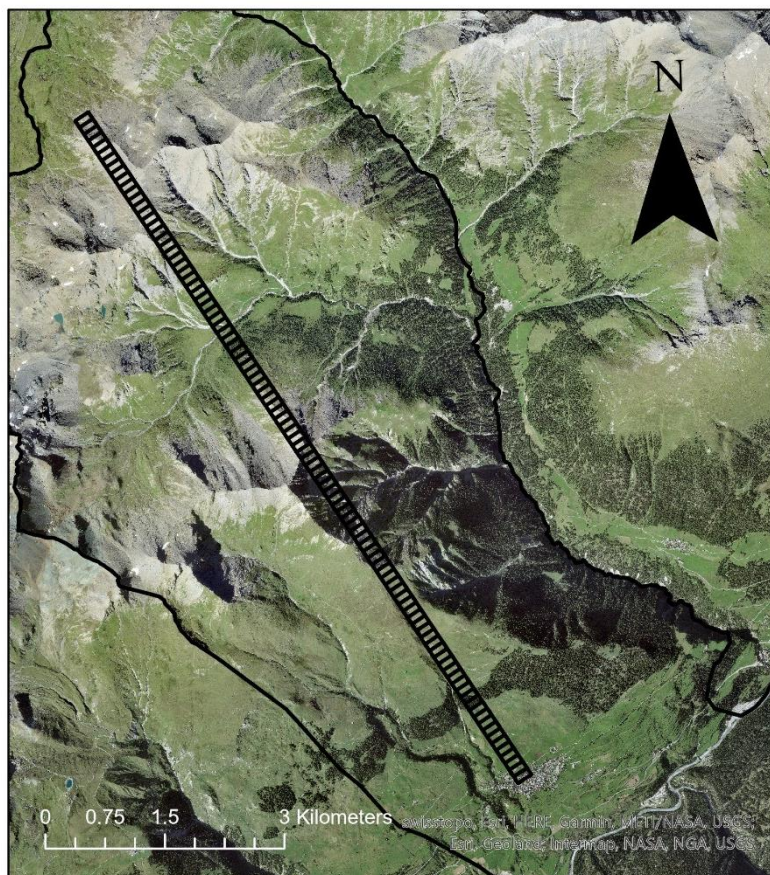


Abbildung 10: Streifen mit Rechtecken zur Untersuchung der Kleinstrukturen

Nach der Darlegung der in der vorliegenden Arbeit benutzten Untersuchungsmethoden werden im nächsten Kapitel die damit erzielten Ergebnisse aufgezeigt.

## 6. Resultate

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse aus den Untersuchungen dargestellt. Als Erstes wird das Untersuchungsgebiet betreffend dessen Neigung und Strassennetzabdeckung genauer beschrieben, um eine bessere Vorstellung der Topografie und Erreichbarkeit des gesamten Gebietes zu erhalten. In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse in Bezug auf die Entwicklung der vier für die Biodiversität wichtigen Landschaftskategorien aufgezeigt. Anschliessend werden die Ergebnisse der Felduntersuchung und der Standardabweichung der Reflektionsgrade dargelegt und zum Schluss wird die Entwicklung der Einzelbäume aufgezeigt. Alle diese Teilergebnisse werden jeweils zudem in einen Zusammenhang mit der Neigung und dem Strassennetz gebracht.

Nachdem im Theoriekapitel die wichtigen Faktoren aufgezeigt wurden, welche einen Einfluss auf die Landschaftsentwicklung und –nutzung und somit auf die Biodiversität haben können, enthält das vorliegende Kapitel ‘Ergebnisse’, eine Beschreibung konkreter Landschaftsveränderungen im Untersuchungsgebiet. Dies ermöglicht es, im Kapitel ‘Diskussion’ den Zusammenhang zwischen möglichen Ursachen für die Landschafts(nutzungs)änderungen auf ihre konkreten Auswirkungen im Untersuchungsgebiet hin zu diskutieren.

### 6.1 Neigungen und Strassennetzabdeckungen im Untersuchungsgebiet

19% der Fläche des Untersuchungsgebiets weisen eine Neigung zwischen 0 – 18° auf (tiefe Steilheit, Steilheitsklasse 1), 18% der Fläche sind zwischen 18 - 26° geneigt (mittlere Steilheit, Steilheitsklasse 2), 27% der Fläche befinden sich in der Steilheitsklasse 3 und haben somit eine Neigung von 26 – 35° und 36% der Fläche besitzen mit 25 – 90° eine sehr hohe Steilheit (Steilheitsklasse 4). Die Abbildung 11 zeigt die Steilheitsklassenverteilung des Untersuchungsgebietes.

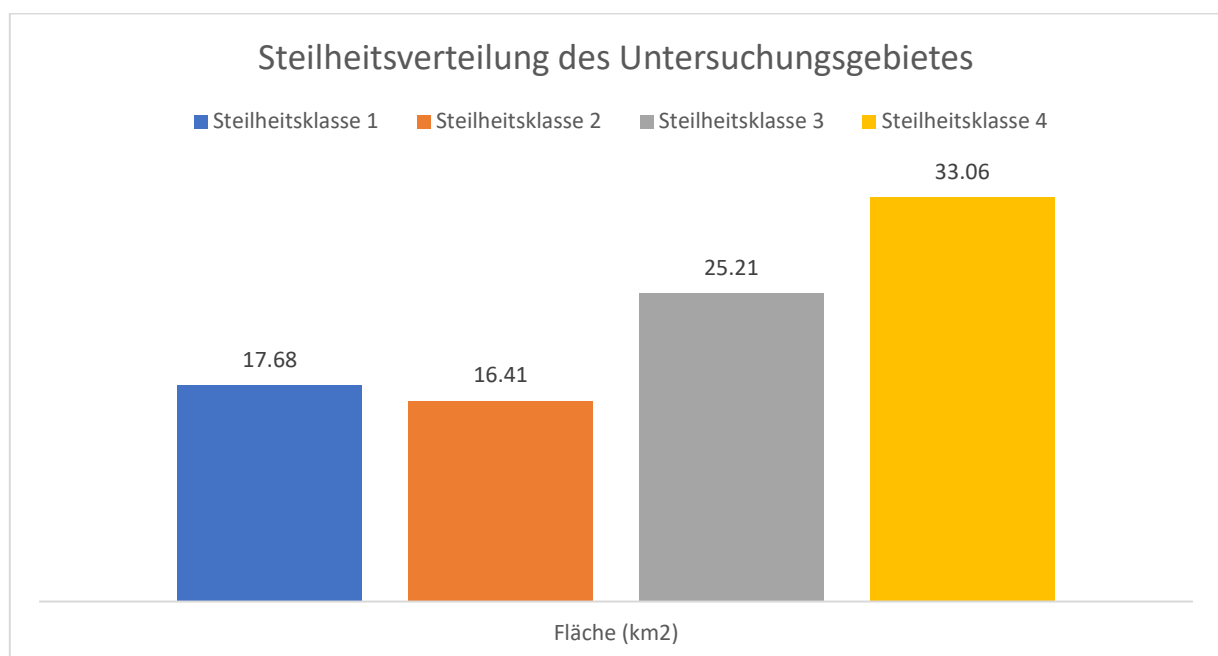


Abbildung 11: Steilheitsklassenverteilung des Untersuchungsgebietes

37% Prozent der Untersuchungsfläche (42km<sup>2</sup> von 112 km<sup>2</sup>) befinden sich weniger als 200m entfernt von einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse und werden in dieser Arbeit somit als «erreichbar» definiert.

## 6.2 Veränderungen in den für die Biodiversität wichtigen Landschaftskategorien

### 6.2.1 Wald

Von den 56 untersuchten Waldpunkten waren nur drei nicht schon während des ganzen Untersuchungszeitraumes Wald (siehe Abbildung 12). Zwei davon konnten seit 2010 als Wald definiert werden, einer seit 2014 (siehe Abbildung 16).

30 von den 56 Waldpunkten befinden sich in einem Abstand von maximal 200m von einer mit einem landwirtschaftlichen Fahrzeug befahrbaren Strasse. Von den drei Punkten, welche nicht schon seit 1985 Wald waren, befinden sich zwei innerhalb von maximal 200m Abstand einer Strasse und einer nicht (siehe Abbildung 15).

Wie auf Abbildungen 13 und 14 zu erkennen ist, befindet sich der Grossteil der untersuchten Waldpunkte in einer steilen (55) oder sehr steilen (52) Neigung. Die drei veränderten Waldpunkte befinden sich je in der mittleren, der hohen und sehr hohen Steilheit.

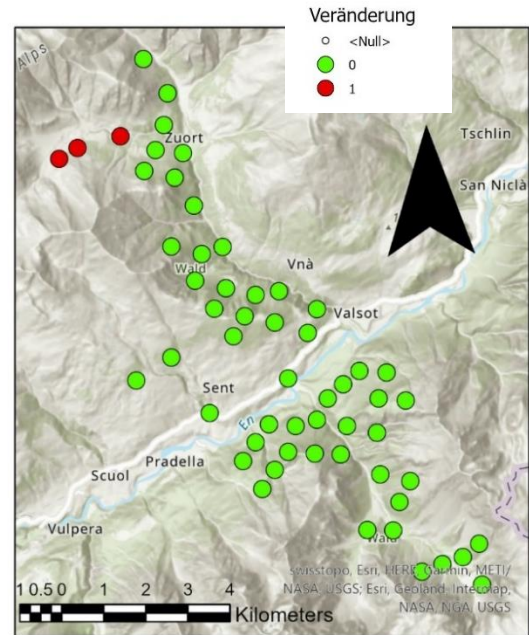


Abbildung 12: Waldpunkte im Untersuchungsgebiet

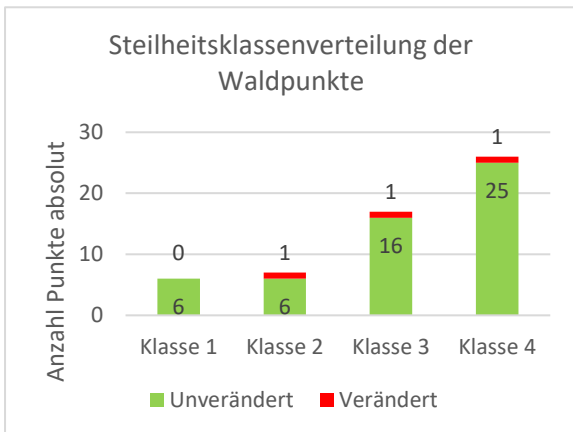


Abbildung 13: Steilheitsklassenverteilung der Waldpunkte

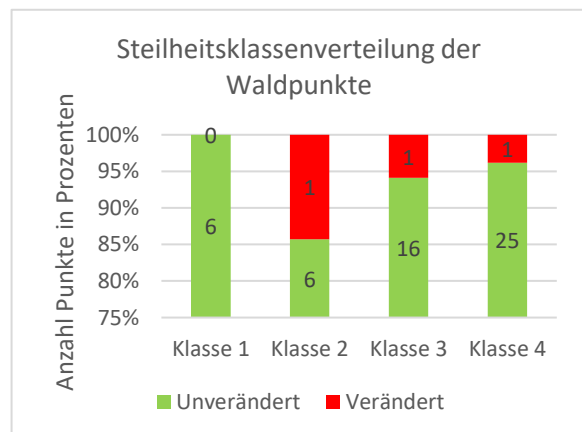


Abbildung 14: Steilheitsklassenverteilung der Waldpunkte

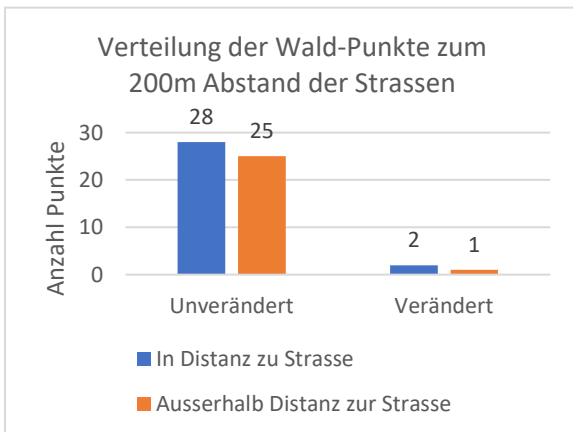


Abbildung 15: Verteilung der Wald-Punkte zum 200m Abstand der Strassen

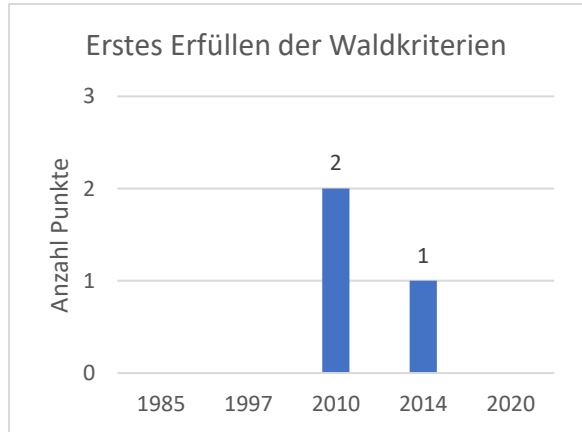


Abbildung 16: Erstes Jahr, indem eine Fläche neu als Wald gekennzeichnet war

### 6.2.2 Gebüschwald

Von den 47 untersuchten Gebüschwald-Punkten, konnte bei 18 eine Zunahme des Deckungsgrades festgestellt werden (siehe Abbildung 17).

Der grösste Teil dieser Zunahme war das erste Mal im Orthobild von 1997 nachweisbar (bei elf Punkten). 2010 und 2020 konnte bei fünf respektive zwei Punkten zusätzlich eine Zunahme des Deckungsgrades nachgewiesen werden (siehe Abbildung 21).

Von den 47 Gebüschwald-Punkten befinden sich sieben in einer maximal 200 Meter Distanz von einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse (siehe Abbildung 20). Dies sind 15%. Von diesen sieben sind vier in den letzten 30 Jahren dichter geworden.

Ein Grossteil der Gebüschwald-Punkte befindet sich in den Steilheitsklassen 3 und 4 (siehe Abbildungen 18 und 19).

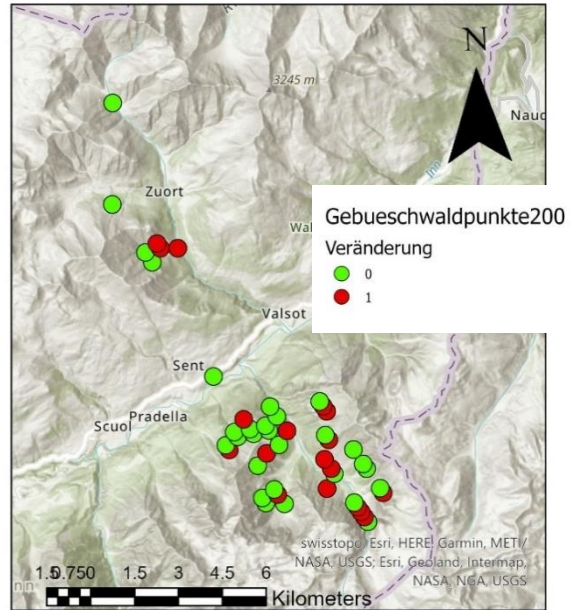


Abbildung 17: Gebüschwald-Punkte im Untersuchungsgebiet

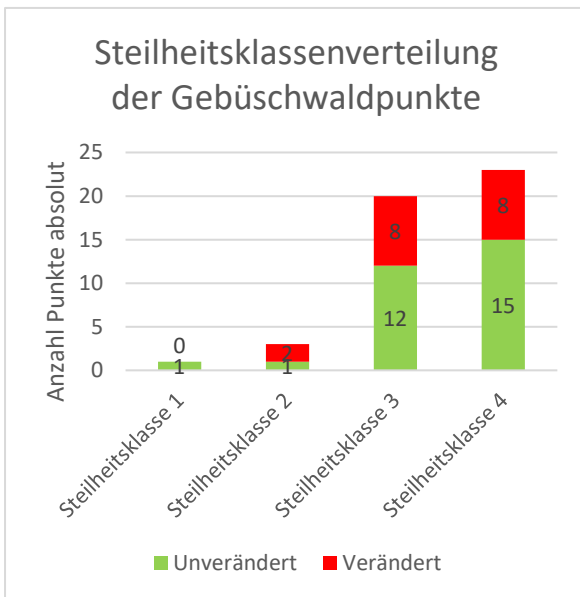


Abbildung 18: Steilheitsklassenverteilung Gebüschwald

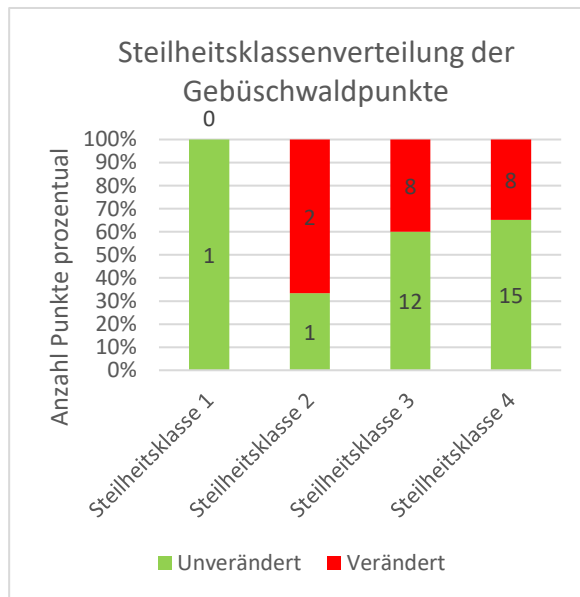


Abbildung 19: Steilheitsklassenverteilung Gebüschwald in Prozent

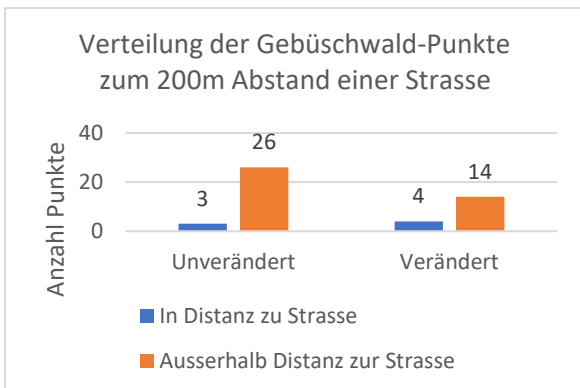


Abbildung 20: Verteilung der Gebüschwald-Punkte zum 200m Abstand einer Strasse

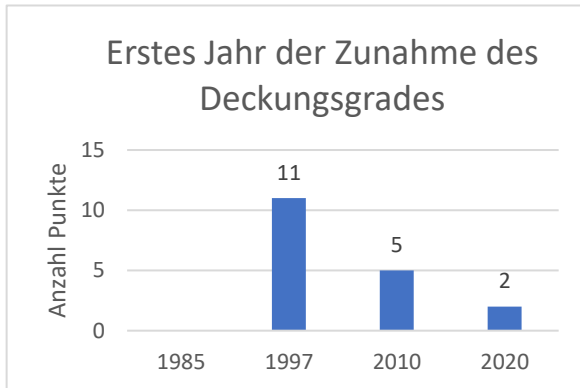


Abbildung 21: Erstes Jahr der Zunahme des Deckungsgrades

### 6.2.3 Flachmoore

Es wurden 34 Flachmoor-Punkte untersucht. Bei zehn davon konnte eine Verbuschung aufgefunden werden (siehe rote Punkte in Abbildung 22). Fast die Hälfte der Punkte (vier) sind schon ab 1985 verbuscht gewesen. 1997 und 2020 verbuschte je ein bzw. zwei Punkte zusätzlich, 2010 waren es drei (siehe Abbildung 26).

Von den 34 Flachmoor-Punkten befinden sich 18 innerhalb einer maximal 200m Distanz einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse. Von diesen 18 konnte in sechs eine Verbuschung beobachtet werden (siehe Abbildung 25).

Ein Grossteil der untersuchten Flachmoorpunkte befindet sich in der Steilheitsklasse 1 (siehe Abbildungen 23 und 24).

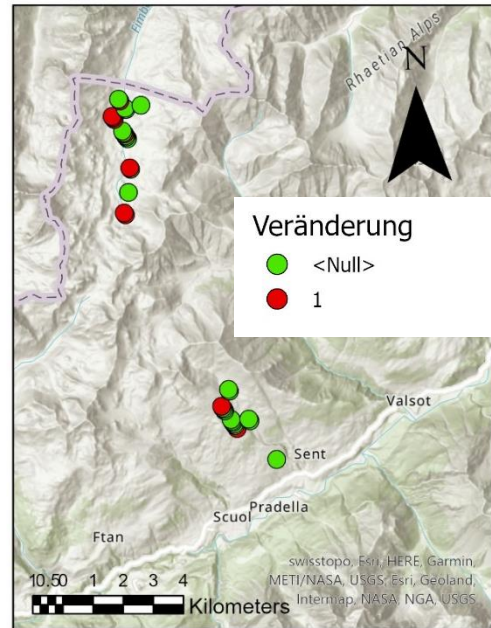


Abbildung 22: Flachmoor-Punkte im Untersuchungsgebiet

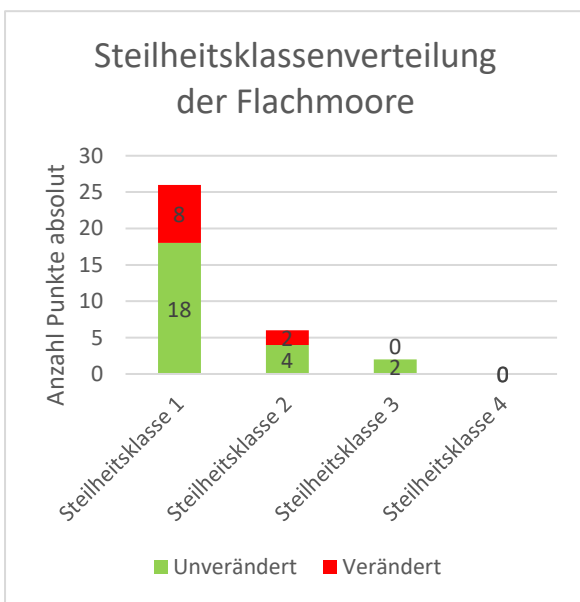


Abbildung 23: Steilheitsklassenverteilung der Flachmoore

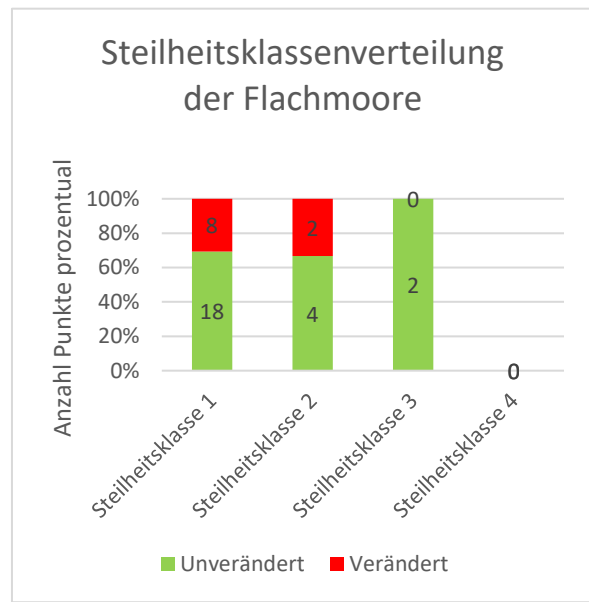


Abbildung 24: Steilheitsklassenverteilung der Flachmoore in Prozent

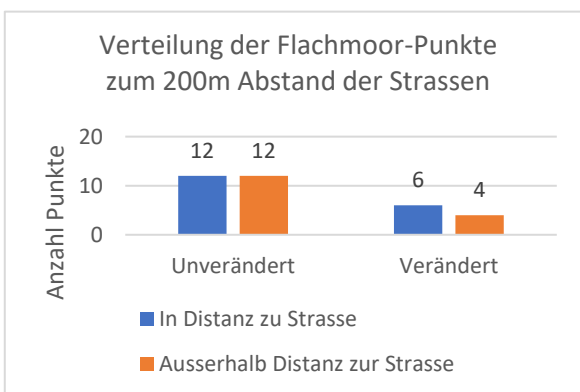


Abbildung 25: Erreichbarkeit der Flachmoor-Punkte

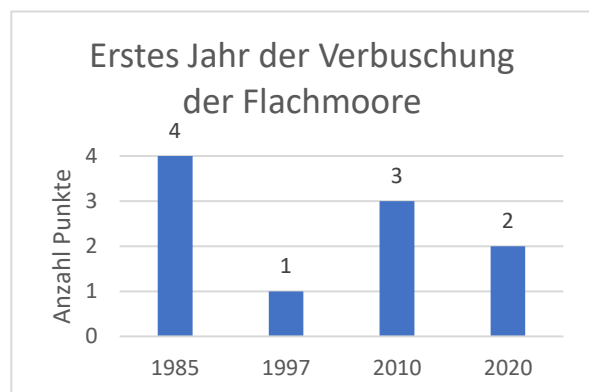


Abbildung 26: Erstes Verbuschungsjahr der Flachmoore

### 6.2.4 Trockenwiesen und -weiden

Von den 27 untersuchten Trockenwiesen-Punkten konnte bei 15 eine Verbuschung nachgewiesen werden (siehe rote Punkte in Abbildung 27). Wie auf Abbildung 31 zu erkennen ist, waren die meisten der Verbuschungen (sechs) ab 1997 das erste Mal in den Luftbildern ersichtlich. Im Luftbild von 1985 konnte nur in zwei Punkten eine Verbuschung gesehen werden. In den Jahren 2010, 2013 und 2020 kamen respektive vier, zwei und dann noch eine Verbuschung dazu.

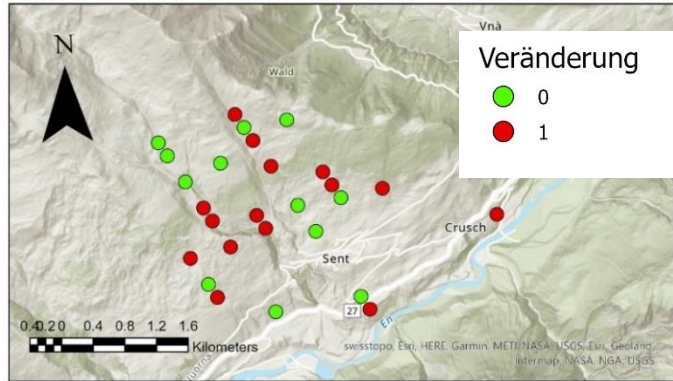


Abbildung 27: Trockenwiesen-Punkte im Untersuchungsgebiet

23 der 27 Trockenwiesen-Punkte befinden sich innerhalb einer maximal 200m Distanz einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse (siehe Abbildung 30). In allen vier der nicht erreichbaren Punkte konnte eine Verbuschung nachgewiesen werden. Die meisten der Trockenwiesen-Punkte kommen in der Steilheitsklasse 3 vor (siehe Abbildungen 28 und 29).

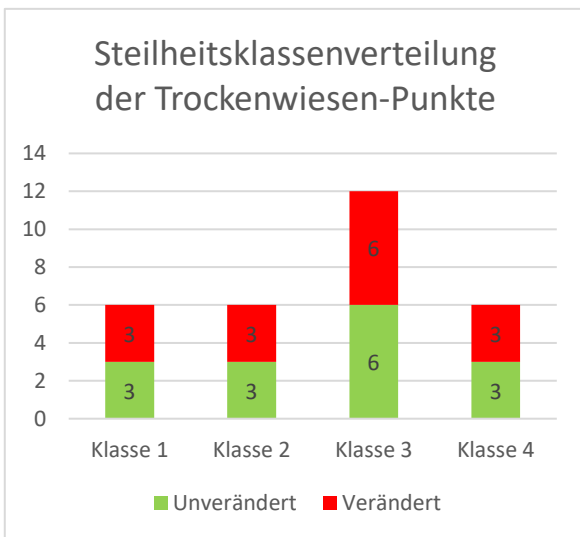


Abbildung 28: Steilheitsklassenverteilung der Trockenwiesen

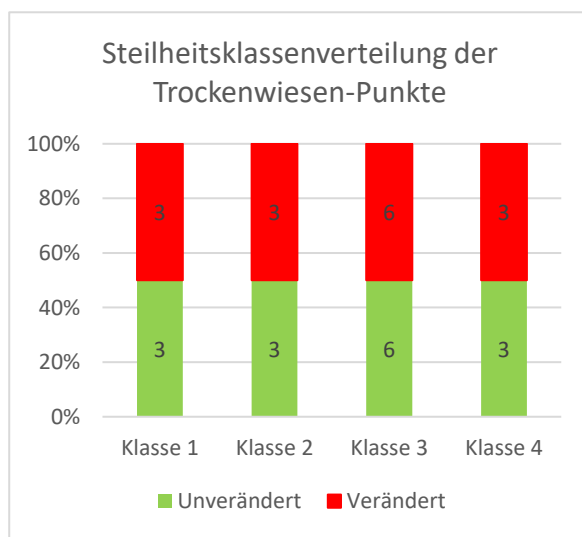


Abbildung 29: Steilheitsklassenverteilung der Trockenwiesen in Prozent

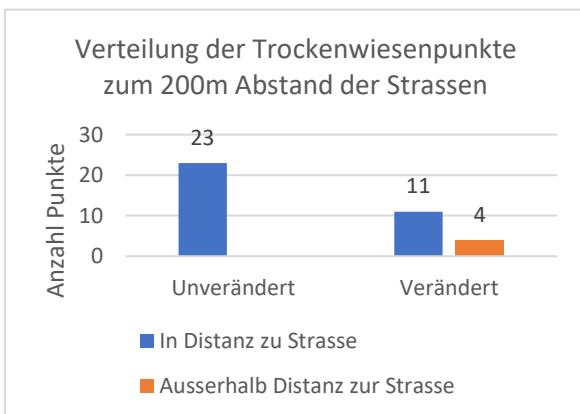


Abbildung 30: Erreichbarkeit der Trockenwiesen-Punkte

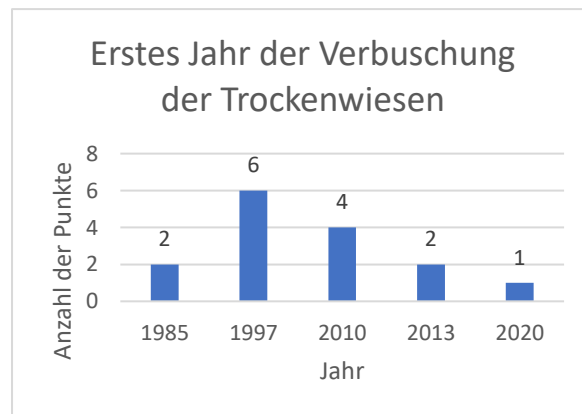


Abbildung 31: Erstes Verbuschungsjahr der Trockenwiesen

### 6.2.5 Zusammenführung der Kategorien

In allen Kategorien zusammen wurden 140 Punkte untersucht. Davon haben in 46 Punkten Veränderungen stattgefunden (siehe Abbildung 33). Von diesen 46 veränderten Punkten befinden sich 27 innerhalb einer maximal 200m Distanz von einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse (siehe blaue Flächen auf Abbildung 35). Von den 94 unveränderten Punkten befinden sich 39 innerhalb dieser Distanz. Abbildung 32 zeigt den Veränderungszeitpunkt von allen Kategorien im Überblick und Abbildung 36 die Neigung des Untersuchungsgebietes.

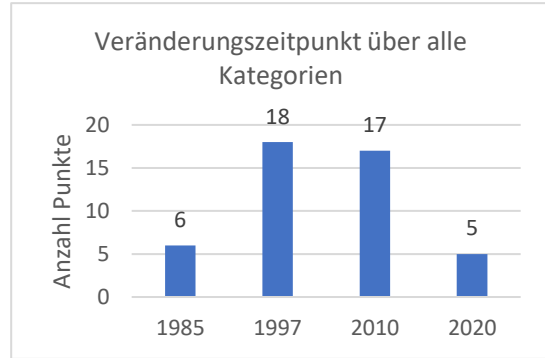


Abbildung 32: Veränderungszeitpunkt aller Kategorien (Diagramm)

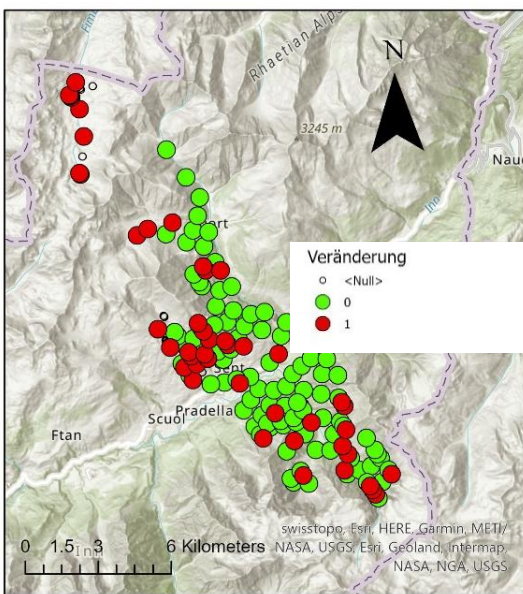


Abbildung 33: Verteilung aller Punkte im Untersuchungsgebiet

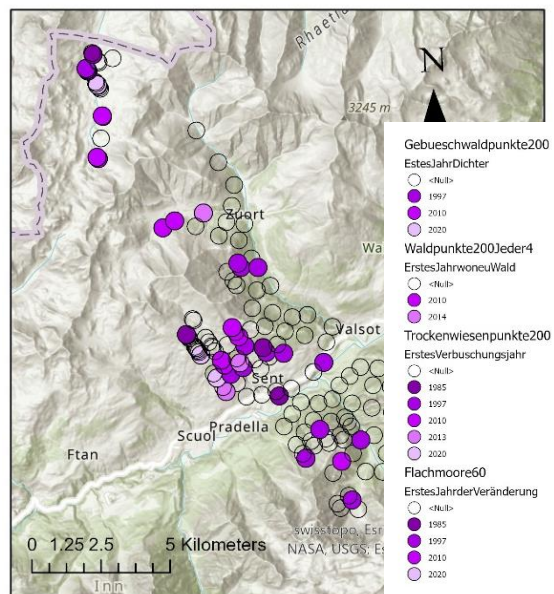


Abbildung 34: Veränderungszeitpunkt aller Kategorien

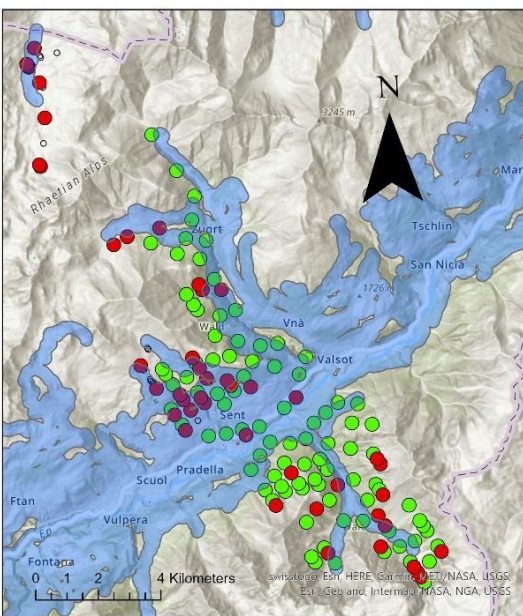


Abbildung 35: Strassennetzabdeckung des Untersuchungsgebietes

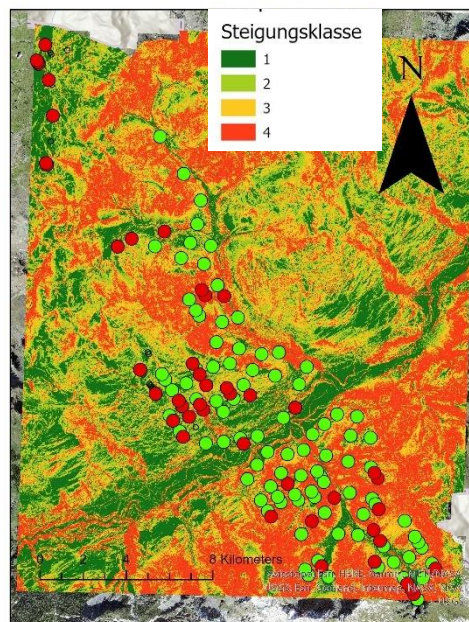


Abbildung 36: Neigung des Untersuchungsgebietes



### 6.3 Explorative Felduntersuchung

Wie im Kapitel 5.3 der Methodik erklärt, wurden die untersuchten Punkte aller vier Kategorien in einem Gitternetz aggregiert. So entstanden die untenstehenden Karten (Abbildungen 37 und 38). Auf der linken Karte sind die Summen der veränderten Punkte je Quadratkilometer dargestellt. Grüne Flächen enthalten keinen veränderten Punkt, je mehr die Flächen ins Rote gehen, desto mehr veränderte Punkte enthalten sie. Die rechte Karte zeigt die prozentuale Veränderung pro Quadrat. 100% heisst, dass keine Punkte im Quadrat eine Veränderung vorweisen; 0% heisst, alle Punkte die vorkommen, weisen eine Veränderung auf.

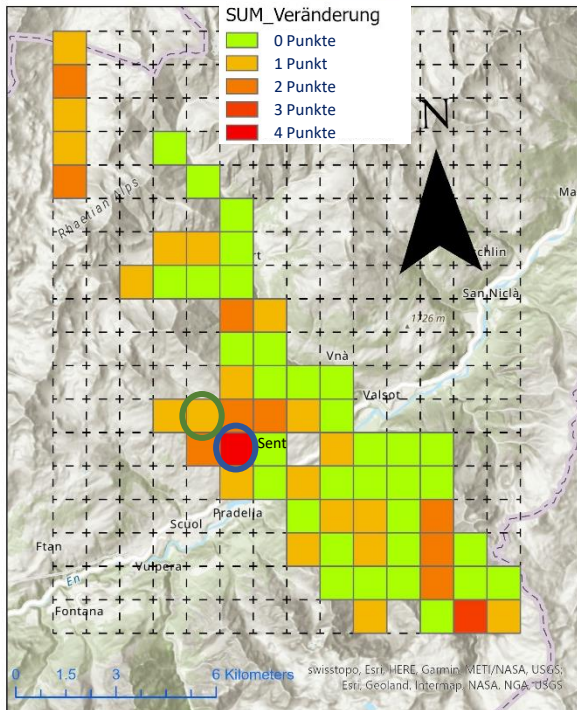


Abbildung 37: Summe der veränderten Punkte pro Quadratkilometer

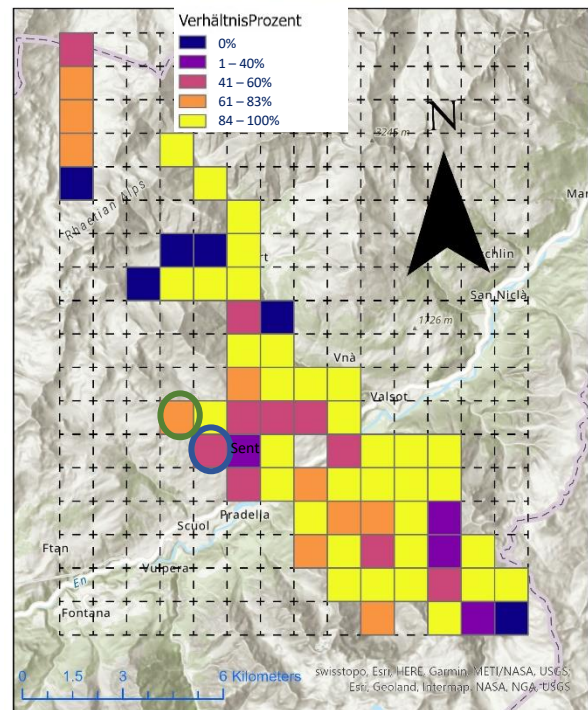


Abbildung 38: Prozentualer Anteil der veränderten Punkte aller Punkte pro Quadratkilometer

Aufgrund dieser Aggregation wurden zwei Flächen für die Felduntersuchung ausgewählt, je eine mit viel und eine mit wenig Veränderung.

**Viel Veränderung:** Die Fläche OID27 (siehe mit blauem Kreis markierte Fläche in den beiden obenstehenden Abbildungen) wurde ausgewählt, da sie einerseits eine sehr grosse Anzahl an Veränderungen aufweist (vier Punkte) und andererseits das Verhältnis von veränderten Punkten zu nicht veränderten Punkten gross ist; nur 20% der untersuchten Punkte in diesem Quadratkilometer haben sich nicht verändert (einer von fünf Punkten). Die Erreichbarkeit vom Dorf Sent aus wurde ebenfalls in die Wahl miteinbezogen.

**Wenig Veränderung:** Die Fläche OID31 (siehe mit grünem Kreis markierte Fläche in den beiden obenstehenden Abbildungen) gehört vom Verhältnis her zu der Klasse mit dem tiefsten Verhältnis. 89 % der Punkte weisen keine Veränderung auf (acht von neun Punkten). Es wurden mit den neun untersuchten Punkten in diesem Quadratkilometer relativ viele Punkte untersucht.

Abbildung 39 zeigt die Resultate der Felduntersuchung. Die beiden Flächen wurden auf ihren Bestand der in dieser Arbeit bedeutsamen Kategorien untersucht. Ein Punktenetz mit 200m Abstand zwischen den Punkten wurde auf die Flächen gelegt. Jedem Punkt wurde mit dem Kartierungsverfahren nach Dietl (Dietl, 1979) ein Vegetationstyp zugeordnet. Neben den bis jetzt thematisierten Kategorien, welche zum Teil feiner unterteilt wurden, sind weitere zusätzlich aufgenommen worden:

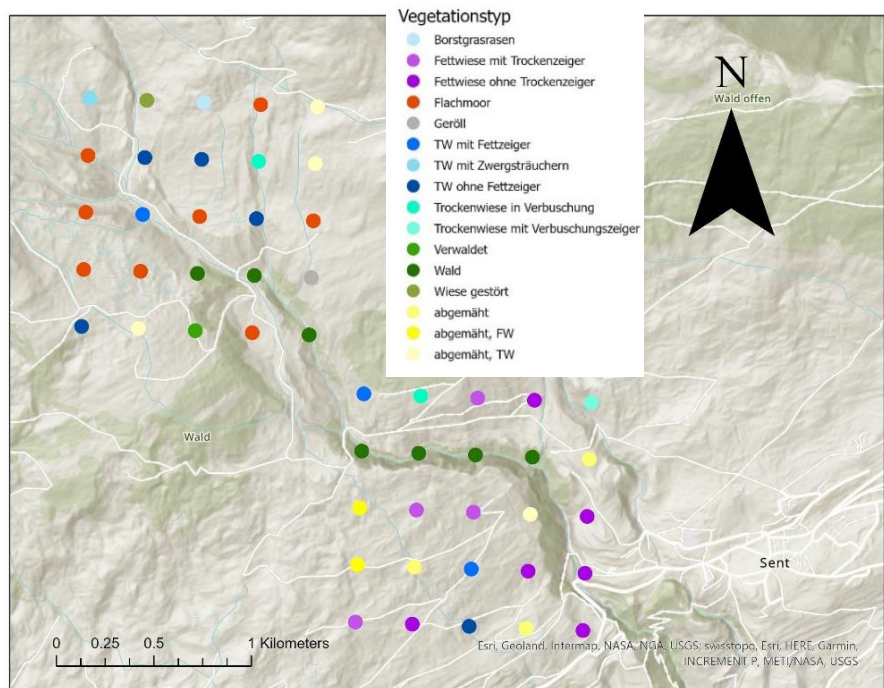


Abbildung 39: Vegetationskartierung der zwei Flächen

- Borstgrasrasen
- Fettwiese mit und ohne Trockenzeiger
- Geröll
- Trockenwiese und -weide (TW) mit und ohne Fettzeiger, Zwergsträucher und in Verbuschung
- Gestörte Wiesen
- Abgemähte Flächen (nicht oder nur schwer bestimmbar)

Im unteren Quadrat (OID 27), demjenigen mit viel Veränderung, befinden sich viele Fettwiesen (mit und ohne Trockenzeiger). Flachmoore konnten nur im oberen Viereck (OID 31) nachgewiesen werden. Im oberen Quadrat befinden sich mehr (vier) Trockenwiesen und -weiden ohne Fettzeiger als im unteren (eine). Borstgrasrasen konnten nur im oberen Quadrat gefunden werden. Im unteren Quadrat ist der Anteil an Fettwiesen sehr gross. Abbildung 40 zeigt, welche Punkte sich maximal 200m von einer mit einer landwirtschaftlichen Maschine befahrbaren Strasse befinden und auf Abbildung 41 ist die Neigung der Untersuchungsfläche ersichtlich.

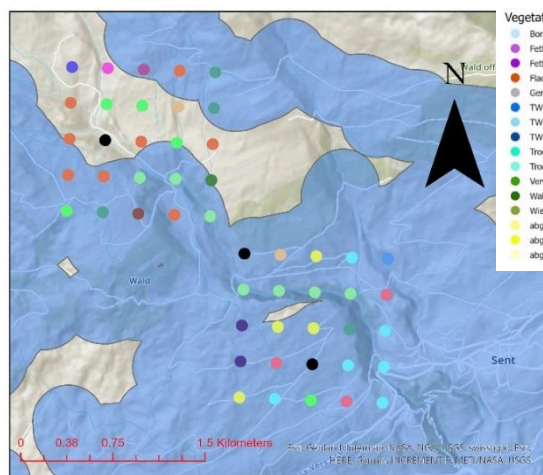


Abbildung 40: Erreichbarkeit der Untersuchungsflächen

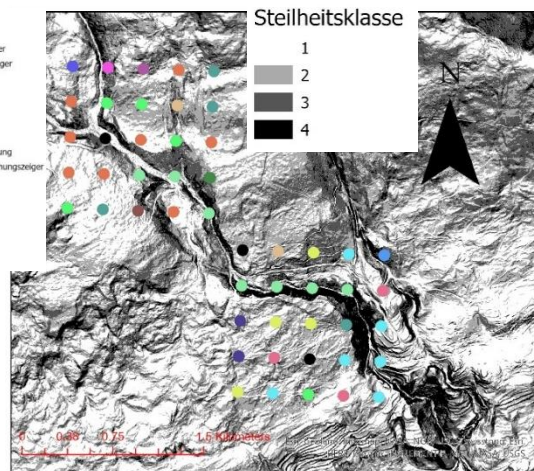


Abbildung 41: Neigung der Untersuchungsflächen

### 6.4 Intensivierung der Bewirtschaftung der Landwirtschaftsflächen – Spectral Variation

Wie in Kapitel 5.5 erklärt, korreliert die Standardabweichung der Reflektionsgrade (Spectral Variation) mit einer heterogenen Landschaft und somit einer grossen Vielfalt.

Die untenstehende Abbildung 42 zeigt die Standardabweichung der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr sowie eine Trendlinie pro Jahr. Das Rechteck mit der Nummer Eins ist das am nächsten vom Dorf Sent gelegene, dasjenige mit der Nummer Zehn ist am weitesten entfernt. Die Standardabweichung aller Pixel ist im Luftbild von 2010 am tiefsten und in demjenigen von 2020 am höchsten. Aus dieser Grafik ist ersichtlich, dass alle Rechtecke im Trend (siehe gestrichelte Trendlinien) eine höhere Standardabweichung aufweisen, je weiter die Rechtecke vom Dorf Sent entfernt sind (siehe Abbildung 42). Dies bedeutet, dass die Heterogenität der Landschaft mit der Distanz vom Dorf zunimmt. Auffällig ist der Sprung vom fünften zum siebten Rechteck. Im Luftbild ist ersichtlich, dass dies der Übergang von der landwirtschaftlich genutzten Fläche zu einem Gebiet mit Wäldern, Felsen und kleinen Wiesen darstellt.

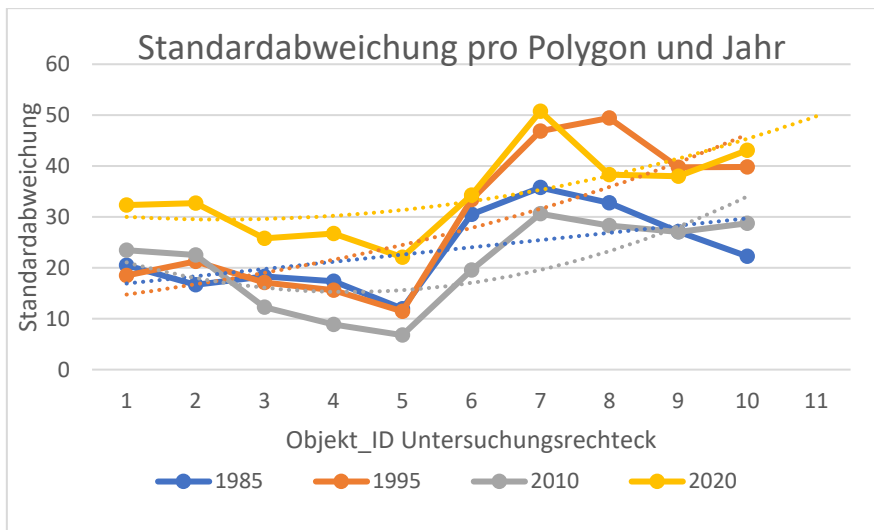


Abbildung 42: Standardabweichung der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr

Abbildung 43 zeigt die Mittelwerte pro Polygon und Jahr an. Die Mittelwerte sind am tiefsten im Jahr 2020 und am höchsten in 1985 und 1995. Es ist kein Trend zu höheren Mittelwerten mit einer höheren Distanz vom Dorf Sent zu erkennen.

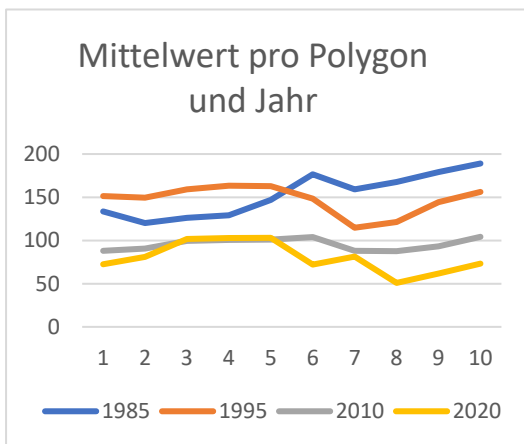


Abbildung 43: Mittelwert der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr

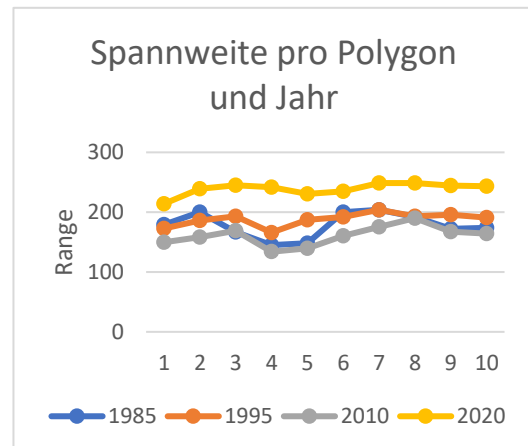


Abbildung 44: Spannweite der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr

Wie auf Abbildung 44 erkennbar ist, sind die Spannweiten der Polygone im Jahr 2020 am höchsten und im Jahr 2010 am tiefsten. Es ist kein Trend zu einer höheren Spannweite mit einer höheren Distanz vom Dorf Sent zu erkennen.

Der Vergleich der untersuchten Rechtecke mit der Neigung und der Erreichbarkeit befindet sich im Anhang (Kapitel 13.2).

### 6.5 Untersuchung der Kleinstrukturen

In den 97 untersuchten Rechtecken konnten in elf Rechtecken über alle Jahrzehnte hinweg Einzelbäume nachgewiesen werden (siehe violette Rechtecke in Abbildung 45). Auf der Grafik ist erkennbar, dass nur in der Nähe der Siedlung Einzelbäume aufgefunden wurden. Abbildung 45 zeigt, dass im Luftbild von 2020 am meisten Einzelbäume gefunden wurden. Punkt 1 ist am nächsten vom Dorf Sent und mit der Höhe der Zahl nimmt die Distanz zur Siedlung zu. Alle Punkte, ausser Punkt 1 (im Dorf) waren in Trockenwiesen und -weiden. Somit fand die Zunahme an Einzelbäumen vor allem in Trockenwiesen und -weiden statt.

Auf der Abbildung 46 ist ersichtlich, dass von den Rechtecken mit Einzelbäumen, vor allem sehr nahe bei der Siedlung, eine Zunahme an Einzelbäumen stattgefunden hat. Ca. zwei bis zweieinhalb Kilometer von der Siedlung entfernt fand nochmals eine grössere Zunahme an Einzelbäumen statt (siehe Rechtecke acht bis elf auf Abbildung 45).



Abbildung 45: Untersuchte Rechtecke für die Einzelbäume (violett in diejenigen mit Einzelbäumen)

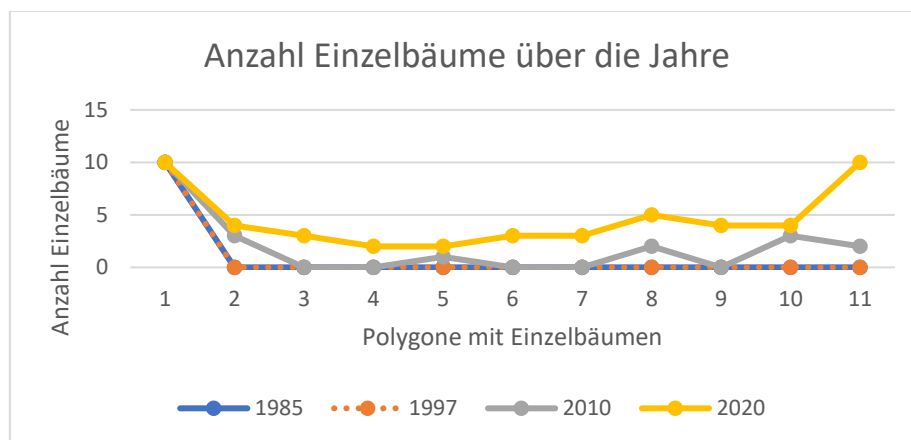


Abbildung 46: Anzahl Einzelbäume über die Jahre

Nach dieser Darlegung der Resultate folgt nun in der Diskussion die Verbindung der in der Theorie vorgestellten Einflussfaktoren und politischen Entwicklungen mit den Ergebnissen.

## 7. Diskussion

In dieser Arbeit sind viele verschiedene Methoden zur Fern- und Naherkundung angewendet worden, um Landschaftsnutzungsänderungen und deren Folgen auf die Biodiversität zu untersuchen. Letztere steht in der Diskussion weniger im Zentrum, da in der vorliegenden Arbeit primär der Fokus auf Habitatveränderungen gesetzt wird. In der Theorie sind jedoch Hinweise darauf zu finden, in welchem Zusammenhang diese im Detail mit der Biodiversität stehen.

Im Folgenden werden diejenigen Entwicklungen mit den auffälligsten Veränderungen und Auswirkungen auf den Landschaftscharakter näher beschrieben und unter Bezug der Theorie diskutiert sowie jeweilige, wahrscheinliche Zukunftsszenarien formuliert. Als erstes wird näher auf die Ausbreitung der Gebüschwälder und mögliche Folgen für den Landschaftscharakter eingegangen. Dann folgt eine Diskussion des Einflussfaktors Erreichbarkeit und zum Schluss wird die Bedeutung der Neigung thematisiert.

Ein grosser Teil der Theorie und Untersuchung bezog sich auf die Entwicklung der vier Kategorien Wald, Gebüschwald, Flachmoor und Trockenwiesen und -weiden in den letzten 35 Jahren. In der vorliegenden Diskussion werden daraus die Entwicklungen in Bezug auf die Ausbreitung der Gebüschwälder genauer betrachtet. Somit beinhaltet dieser Diskussionspunkt die Kategorien Trockenwiesen und -weiden und Gebüschwälder. Wie im Kapitel 4.1.2 der Theorie veranschaulicht, ist die Ausbreitung der Gebüschwälder eine grosse Herausforderung in der Schweiz.

### 7.1 Ausbreitung der Gebüschwälder

Wie in Kapitel 6.2.2 dargelegt, konnte bei mehr als einem Drittel der untersuchten Gebüschwald-Punkte eine Zunahme des Deckungsgrads festgestellt werden. Die Zunahme des Deckungsgrades von Alpenerlen bedeutet eine Abnahme der Biodiversität, da diese wie in Kapitel 4.1.2 aufgezeigt, ab einem Deckungsgrad von 50% einen negativen Einfluss auf die Vielfalt haben.

Diese Entwicklung hin zu mehr Gebüschwald-Fläche wird durch die Verbuschung von Trockenwiesen und -weiden und drainierten Flachmooren verstärkt. Diese Ergebnisse der Ausbreitung der Gebüschwälder stimmen mit der grossräumigen Entwicklung im Alpenraum überein, da schweizweit die Gebüschwaldfläche in den Alpen seit Jahren primär aufgrund von Landaufgaben zunimmt (siehe Kapitel 4.1.2). Gebüschwälder konnten vor allem in steilen Gebieten (die Mehrheit der Gebüschwald-Punkte befinden sich in den Steilheitsklassen 3 und 4) und schwer erreichbaren Gebieten (85% der untersuchten Gebüschwald-Punkte befinden sich ausserhalb einer 200m Distanz von Strassen) vorgefunden werden (Kapitel 6.2.2). Diese Beobachtung deckt sich mit den Aussagen in der Theorie, wonach steile und schwer erreichbare Gebiete weniger und gar nicht mehr bewirtschaftet werden und sich Gebüschwälder somit ausbreiten können.

Ein grosser Teil der Veränderung des Deckungsgrades der Gebüschwälder konnte als Erstes im Luftbild des Jahre 1997 nachgewiesen werden (Kapitel 6.2.2). Dies war kurz nach der ersten Änderung des alten Landwirtschaftsgesetzes (ab 1992), durch welche eigentlich extensive Landwirtschaftsbetriebe in den Alpen gegenüber den intensiveren Betrieben stärker gefördert würden und daher eine Ausbreitung der extensiveren landwirtschaftlichen Nutzung zu erwarten wäre. An dieser Stelle kann nicht beurteilt werden, ob die Zeitspanne seit der Gesetzesänderung zu kurz ist, oder ob andere Gründe die Ursache für diese anders als erwartete Entwicklung sind.

Ein Grund dafür, dass sich die *Alnus viridis*-Gebüschwälder in den letzten Jahren in der Schweiz stark ausgebreitet haben, ist die rückläufige Bewirtschaftung und Beweidung vieler Alpen. Dies könnte auch im Untersuchungsgebiet der Fall gewesen sein. Weil mit der AP 14-17 eine Umlagerung der tiergebundenen Direktzahlungen (siehe Kapitel 4.3) stattfand, ist die Zahl der gesömmerten Tiere gesunken. Durch Landaufgaben nicht mehr genutzte Sömmersweiden entstanden viele neu freigewordene besiedelbare Flächen. Ohne Steuerungsmassnahmen wird sich die Alpenerle *Alnus viridis* in Zukunft wahrscheinlich weiter

ungehindert ausbreiten. Diese Zunahme der Gebüschwaldfläche hat einerseits einen negativen Einfluss auf die Biodiversität (Kapitel 4.1.2), wird aber auch das Landschaftsbild nachhaltig beeinflussen.

Wo Wanderer\*innen in den Alpen in der Vergangenheit durch offene Weiden mit grasenden Kühen marschiert sind (siehe Abbildung 47, Skizze der Autorin), könnten sie in Zukunft überwachsene Flächen mit dichten Gebüschwäldern antreffen (Abbildung 48, Skizze der Autorin). Die Entwicklung der Nutzung der Grenzertragsgebiete hängt stark von den agrarpolitischen Rahmenbedingungen ab. So hatten die Massnahmen des Bundes, die Erhöhung der Sömmerungsbeiträge, das Ziel diese Ausbreitung der Gebüschwälder zu verhindern. Diese Wirkung ist nicht im erhofften Masse eingetroffen oder es braucht noch mehr Zeit, bis sie erkennbar ist. Ein anderer möglicher Grund für das Ausbleiben einer erkennbaren Wirkung könnte sein, dass die zusätzlichen Beiträge den grossen Aufwand, der mit der Bewirtschaftung einher geht, nicht decken und die Bergbauern und –bäuerinnen deshalb darauf verzichten.

Es existieren jedoch noch andere, kostengünstige Massnahmen, durch welche die Landschaft erhalten werden könnte und sogar wieder Tiere beheimaten würde, z.B. durch den Einsatz von Ziegen (siehe Abbildung 49, Skizze der Autorin). Ziegen fressen, im Gegensatz zu vielem anderem Grossvieh, welches Erlen meidet, mit Vorliebe Alpenerlenblätter (Huber und Frehner, 2013). So könnte der Gebüschwalddruck ohne weitere, teure und arbeitsintensive Pflegeeingriffe aufgehalten werden und die Landschaft würde wieder Weidetiere beheimaten, welche ein wichtiger Bestandteil einer attraktiven Landschaft sind (Schneider, 2012).

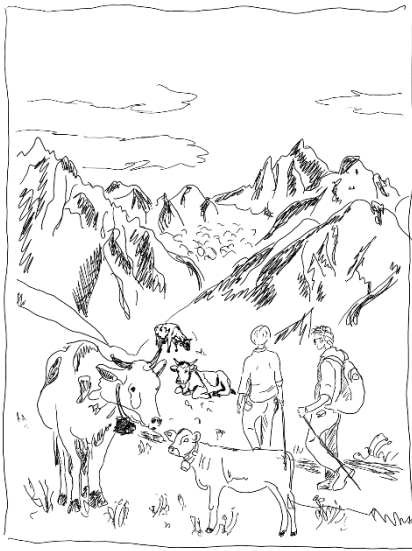


Abbildung 47: Berglandschaft mit Kühen

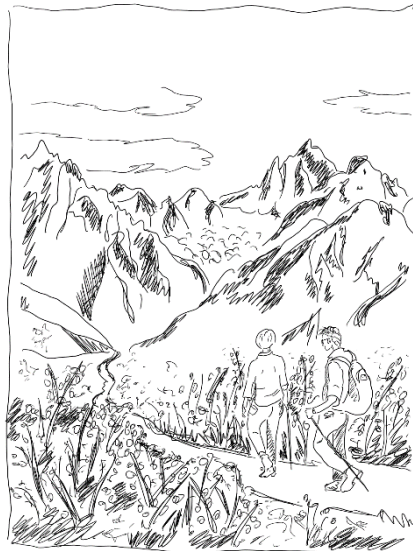


Abbildung 48: Berglandschaft mit Gebüschwald

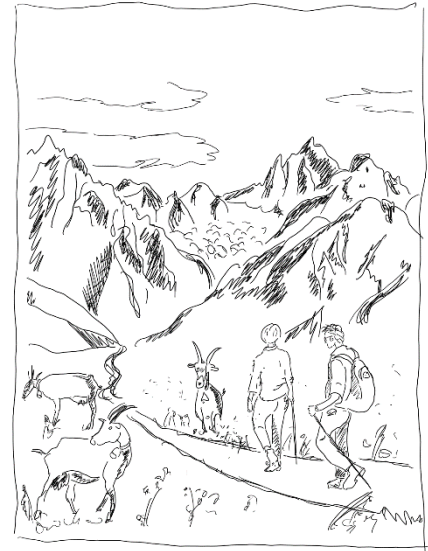


Abbildung 49: Berglandschaft mit Ziegen

## 7.2 Extensive Bewirtschaftung fernab der Strassen

Als zweiter Diskussionspunkt wird aufgrund grosser aufgefundener Veränderung und auffälliger Ergebnisse der Einfluss der Erreichbarkeit und Distanz zur Siedlung auf die Bewirtschaftungsart bzw. Entscheidung zur Landaufgabe beleuchtet.

Die Analyse der Spektralen Variation (siehe Kapitel 6.4) hat gezeigt, dass die Standardabweichung der Pixel und somit die Heterogenität der Landschaft immer mehr zunimmt, je grösser die Distanz zum Dorf ist. Dies deutet auf eher intensive Landwirtschaft in der Nähe des Dorfes und extensive Landwirtschaft oder Landaufgaben in grösserer Distanz zum Dorf hin. Wenn man davon ausgeht, dass Erreichbarkeit und Nähe zum Dorf identische Wirkungen verursachen, stimmt dies überein mit den Ergebnissen der Studie von Tasser und Tappeiner, 2002 (siehe Kapitel 4.4), welche gezeigt haben, dass Erreichbarkeit einer der Hauptfaktoren ist, welcher die Bewirtschaftungsart von landwirtschaftlichen Flächen beeinflusst (Kapitel 4.4). Auch die vorgenommenen Untersuchungen der für die Biodiversität relevanten Landschaftskategorien unterstützt diese Hypothese. So zeigen alle Trockenwiesen-Punkte, welche ausserhalb einer 200m-Distanz zu einer Strasse und somit schwer erreichbar sind, Verbuschungen auf (Kapitel 6.2.4). Verbuschungen bei Trockenwiesen und -weiden sind Anzeichen von Unternutzung oder Landaufgaben.

Das Vorkommen von Flachmooren hängt grundsätzlich von hydrologischen und geologischen Eigenschaften ab: Eine Stauschicht im Boden ist immer benötigt, damit ein Flachmoor entstehen kann.

Die Ergebnisse der Feldaufnahmen zeigen, dass Flachmoore nur in der weiter von der Siedlung entfernten Untersuchungsfläche vorkommen (Kapitel 6.3). Falls nun aber die geologischen und hydrologischen Anforderungen in der näher an der Siedlung gelegenen Untersuchungsflächen ebenfalls erfüllt sind, dort aber keine Flachmoore anzutreffen sind, kann die gute Erreichbarkeit der Grund dafür sein: Zuvor vorkommende Flachmoore in Siedlungsnähe könnten drainiert worden sein, damit die Landwirt\*innen die Flächen intensiver nutzen konnten.

Fettwiesen, welche ein Resultat intensiver Landwirtschaft sind, kommen primär in der Fläche nahe der Siedlung vor. Auch hier ist anzunehmen, dass die gute Erreichbarkeit ein wichtiger Grund dafür ist. In der Nähe der Siedlung kommen keine Gebüschwälder vor. Davon ausgehend, dass ein Teil der Gebüschwälder auf aufgegebenen Trockenwiesen und -weiden entstanden ist, entspricht dies den Erkenntnissen dieser Arbeit, dass vor allem schwer erreichbare Gebiete aufgegeben werden und gut zugängliche intensiver bewirtschaftet werden.

Es liessen sich nicht bemerkenswert weniger Flachmoore in den gut erreichbaren Gebieten feststellen. Daraus wäre ableitbar, dass die Erreichbarkeit keinen direkten Einfluss auf das Vorkommen von Flachmooren hat. Dies steht im Widerspruch zu den bei der Felduntersuchung gefundenen Ergebnissen. Daraus lässt sich folgern, dass eventuell ein anderer Grund als die gute Erreichbarkeit in Siedlungsnähe dafür zuständig ist, dass es dort keine Flachmoore gibt. Um diesen kennenzulernen, bräuchte es aussagereichere, digitalisierte Daten aus früheren Zeiten.

Wenn man sich diese grosse Bedeutung, welche die Erreichbarkeit auf die Bewirtschaftungsart hat, vergegenwärtigt, ist es möglich, Zukunftsszenarien zu entwickeln.

Eine Möglichkeit ist, dass das Strassennetz in den Alpen noch weiter ausgebaut wird. Dies würde dazu führen, dass auch weiter vom Dorf entfernte Gebiete mit landwirtschaftlichen Maschinen erreichbar wären und somit intensiv bewirtschaftet werden könnten. Die dadurch entstehende Zerschneidung der Landschaftsräume würde jedoch auch den Landschaftscharakter massgebend verändern, was eine Abnahme seiner Erholungsqualität zur Folge haben könnte. Die Realisierbarkeit eines ausgeweiteten Strassennetzes hängt zudem von den anzutreffenden Neigungen in konkreten Landschaftssegmenten sowie politischen Entscheiden im Zusammenhang mit dem Strassenbau ab. Nicht zuletzt wäre hier sicher auch die Thematik Biodiversität und Lebensraumzersplitterung von Wildtiergebieten einzubeziehen.

Wenn aber das Strassennetz nicht ausgebaut wird, sähe das Ganze etwas anders aus. Die Gebiete, welche in der Nähe des Dorfes und gut an das Strassennetz angeschlossen sind, würden immer intensiver bewirtschaftet werden, während die weiter entfernten, schlecht erreichbaren Gebiete aufgegeben würden. Dazwischen könnte ein (immer kleiner werdender) Übergangsbereich vorzufinden sein, in welchem extensive Landwirtschaft betrieben wird. Diese mögliche Entwicklung wird schematisch in den untenstehenden Diagrammen (Abbildung 50) dargestellt. Die Verhältnisse der Abbildungen basieren nicht auf Grundlagen von konkreten Daten, sondern auf den Untersuchungen entnommenen Tendenzen.

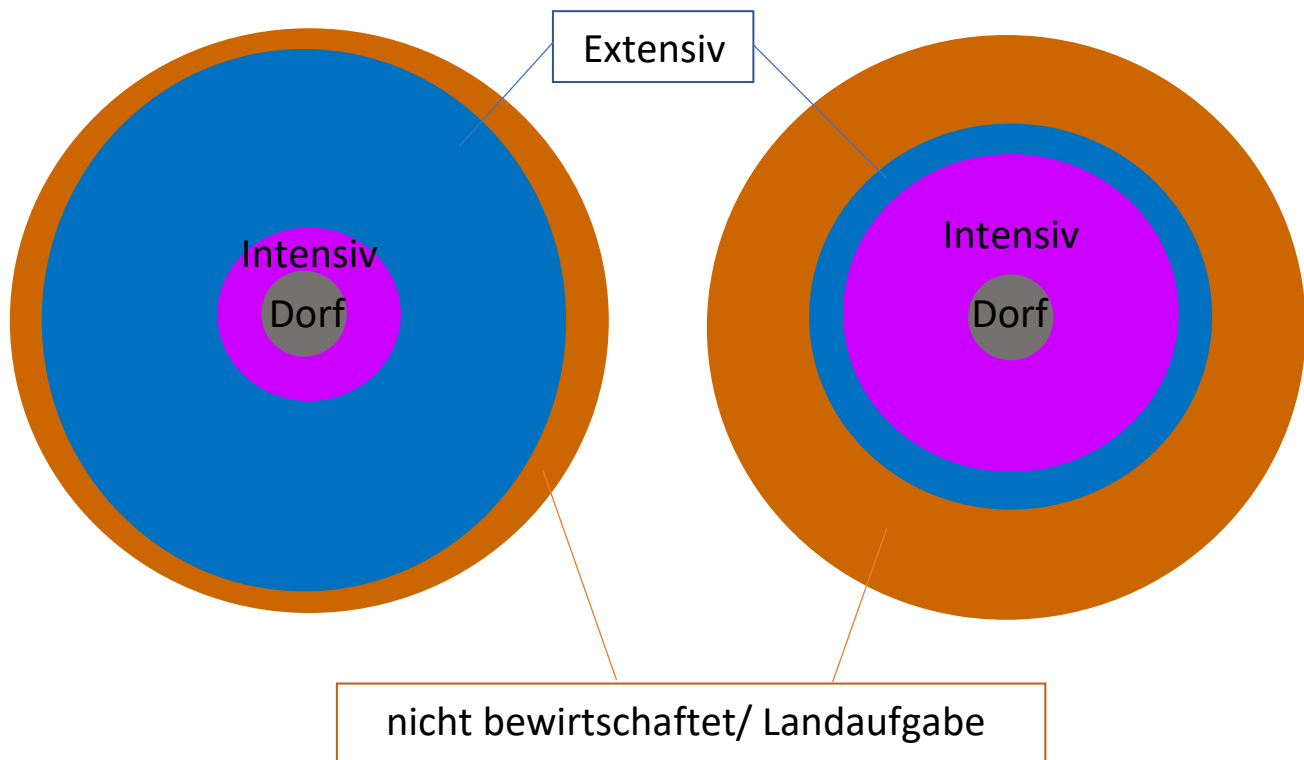


Abbildung 50: Schematische Entwicklung der Landnutzung um eine Siedlung

Links: Frühere Verhältnisse der Landschaftsnutzungsarten

Rechts: Mögliche zukünftige Entwicklung der Verhältnisse



### 7.3 Von Flachmooren und Steilhängen

Wie im ersten Kapitel der Resultate gezeigt, ist das Untersuchungsgebiet eher steil. Ein grosser Anteil der Fläche befindet sich in der hohen oder sehr hohen Steilheitsklasse. Da die Neigung grundsätzlich einen wichtigen Einflussfaktor auf die Landnutzung darstellt, ist die Neigung in der vorliegenden Untersuchung eines sehr steilen Gebietes besonders bedeutsam. Sie zeigt zum Beispiel, dass fast alle der zahlreich vorkommenden Wald- und Gebüschwald-Punkte in steilen Gebieten (vor allem Steilheitsklassen 3 und 4) anzutreffen sind. Der Grund dafür könnte sein, dass es sich in den flachen, vor dem Untersuchungszeitraum abgeholzten Gebieten viel mehr lohnt (intensive) Landwirtschaft zu betreiben als in den steilen. Die Ausbreitung von Wald und Gebüschwald wird hier weniger Chance haben.

In Bezug auf die dritte Kategorie, die Trockenwiesen und -weiden, ist feststellbar, dass sich ihre Mehrheit in der Steilheitsklasse 3 befindet. Dort konnte aber auch die grösste Verbuschung nachgewiesen werden. Daraus lässt sich schliessen, dass, wo zuvor noch Trockenwiesen und -weiden in traditioneller, extensiver Weise bewirtschaftet wurden, eine immer weniger intensive Bewirtschaftung stattfindet. Teilweise wird das Gebiet wegen des grossen Aufwandes aufgrund der Steilheit auch gar nicht mehr bewirtschaftet. Somit kann es sein, dass es sich mit den Trockenwiesen und -weiden in Zukunft ähnlich wie mit der extensiven Landwirtschaft insgesamt in Zusammenhang mit der Erreichbarkeit verhält: die Trockenwiesen und -weiden werden auf einen schmalen Bereich zwischen flachen Gebieten, wo eine intensive Landwirtschaft mit Maschinen möglich ist, und steilen Bereichen, wo sich eine extensive Bewirtschaftung nicht mehr lohnt, zurückgedrängt.

Die Entwicklung bei der vierten Kategorie, den Flachmooren, sähe etwas anders aus. Flachmoore benötigen Staunässe, um sich zu entwickeln. Dies ist in sehr steilen Gebieten nicht möglich. Deshalb kommen Flachmoore im Untersuchungsgebiet auf relativ kleinem Raum (primär in der tiefsten Steilheitsklasse) vor (siehe Kapitel 6.2.3). Diesen müssen sie sich gleichzeitig mit der intensiven Landwirtschaft teilen. Wenn der Druck auf die Flachmoore durch die Intensivierung der Landwirtschaft steigt, unter anderem auch weil Puffer-Zonen nicht eingehalten werden, könnten in den nächsten Jahren noch mehr von diesen einzigartigen Ökosystemen verloren gehen. Da es sich bei den Flachmooren im Untersuchungsgebiet nicht um solche von nationaler Bedeutung handelt, ist es möglich, dass die intensive Landwirtschaft den Raum ganz einnehmen wird. Diese Entwicklung kann, je nach gewählter Richtung, zudem durch die Politik gefördert oder aber auch aufgehalten werden.

Wie in Kapitel 4.3 dargelegt, hat die Agrarpolitik einen grossen Einfluss auf die vor Ort gewählten Bewirtschaftungsmethoden. Falls sich mit der neuen Agrarreform 22+ eine die Biodiversitätsbetriebe fördernde Verteilung der Direktzahlungen durchsetzt, könnten Landwirt\*innen vermehrt auf die Erhaltung von Landschaften wie zum Beispiel die Flachmoore setzen<sup>1</sup>.

«Noch umweltfreundlichere landwirtschaftliche Praktiken werden durch Direktzahlungen gefördert.»  
(Bundesamt für Landwirtschaft BLW - Botschaft zur AP22+, 2020)

Idealerweise könnten dies viele kleine Landwirtschaftsbetriebe im Untersuchungsgebiet nutzen (vgl. Interview Angelika Abderhalden). Sie hätten so die Möglichkeit, sich für die Biodiversitäts- und Landschaftsqualitätsförderung im Speziellen einzusetzen, da sie aufgrund der Agrarreform 22+ mehr Direktzahlungen für ihre biodiversitätsfördernden Massnahmen erhalten würden. Der Vorteil von vielen kleinen Betrieben ist, dass dadurch grossflächig eine Strukturvielfalt erhalten werden kann, was sich positiv auf die gesamte Landschaft auswirken würde. Der Landschaftscharakter würde erhalten bleiben, oder sich je nach dem sogar wieder zurück zum Bild vor dem Untersuchungszeitraum, vor dem Beginn der Abnahme der Anzahl der Landwirtschaftsbetriebe, wandeln.

---

<sup>1</sup> Die Beratung über die AP22+ wurde sistiert. Das Parlament wird die Beratung der AP22+ frühestens im Frühling 2023 wiederaufnehmen (blw.ch AP22+, 2021).

#### 7.4 Methodische Diskussion

Der Schwerpunkt dieser Arbeit bildet die mit verschiedenen Methoden durchgeführte Untersuchung vergangener und momentaner Landschaftsnutzungen und ihren Folgen. Eine flächendeckende Anwendung dieser Methoden hätte jedoch den Rahmen dieser Bachelorarbeit gesprengt. Deshalb wurde oft mit Stichproben gearbeitet, welche zwar die Methodik verdeutlichen, jedoch nicht genügend gross waren, um definitive und repräsentative Aussagen über die Landschaftsnutzungsänderungen machen zu können.

Bei der Untersuchung der für die Biodiversität relevanten Landschaftskategorien (Wald, Gebüschwald, Trockenwiesen und -weiden und Flachmoore) wurden pro Kategorie nur 20 – 50 Punkte untersucht, da eine Untersuchung mit einem engeren Transektennetz und somit mehr Punkten zu viel Zeit in Anspruch genommen hätte. Obwohl die Punkte zufällig gewählt wurden, kann eine Verfälschung der Resultate aufgrund der kleinen Stichproben nicht ausgeschlossen werden. Dasselbe ist der Fall bei der Untersuchung der Kleinstrukturen; es wurde aufgrund des begrenzten Zeitbudgets nur ein schmaler Streifen an Rechtecken untersucht. Um ein repräsentatives Bild des Zustands und der Entwicklung der Kleinstrukturen in der Gemeinde Sent zu erhalten, müsste dies für das gesamte Gemeindegebiet gemacht werden.

Die Untersuchung der Luftbilder wurde von Auge und manuell gemacht. Dies führte grundsätzlich wohl zu genaueren Ergebnissen als ein Programm die Daten analysieren könnte. Teilweise war es jedoch schwierig zu beurteilen, um welches Landschaftselement es sich handelt. Zudem stellten die unterschiedlichen Auflösungen der Luftbilder ein Problem dar. So konnten Büsche auf den neueren Luftbildern mit grosser Sicherheit bestimmt werden, auf den älteren muss jedoch mit einer grösseren diesbezüglichen Fehlerquote gerechnet werden.

Mit der Spectral Variation Analyse war geplant, die verschiedenen Jahrzehnte in Bezug auf die Standardabweichung untereinander zu vergleichen. Im Laufe der Untersuchung wurde jedoch festgestellt, dass dies nicht möglich ist, da die Orthobilder zu grosse Abweichungen aufweisen, welche nicht auf Unterschiede in der Landschaft zurückzuführen sind. Die unterschiedliche Auflösung der Bilder konnte zwar mit einem Resampling auf die gleiche Pixelgrösse ausgeglichen werden, die Kontrastdifferenzen aufgrund besserer Aufnahmen konnten so jedoch nicht ausgeglichen werden. Zudem waren nicht alle Bilder zur selben Jahres- und Tageszeit aufgenommen worden, wodurch einige mehr Schatten enthielten als andere. Somit enthielten sie dunklere Flächen und gegebenenfalls auch eine höhere Standardabweichung, was die Resultate verfälscht hätte. So konnten mit dieser Methode nur die Standardabweichung pro Jahr in Bezug auf den Abstand zur Siedlung untersucht, nicht aber die verschiedenen Jahre miteinander verglichen werden. Auch hier wäre es spannend gewesen, eine grössere Anzahl an Rechtecken miteinander zu vergleichen als nur diesen einen Streifen. Die einzelnen Berechnungen nahmen aber so viel Zeit in Anspruch, dass darauf im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit verzichtet werden musste.

Der Zeitpunkt der Feldaufnahmen (Ende September) erschwerte die genaue Bestimmung der Pflanzen. Aufgrund der dafür benötigten Vorarbeiten war dies jedoch nicht früher möglich. Zudem war die Autorin als nicht ausgebildete Botanikerin allein im Feld unterwegs. Aufgrund dessen musste eine Einschränkung der bestimmbareren Pflanzen vorgenommen werden; es wurde nur eine Auswahl an besonders bedeutsamen Zeigerpflanzen pro Bewirtschaftungsart (siehe Anhang, Kapitel 13.5) kartiert. Bei der Feldaufnahme wäre es ebenfalls spannend gewesen eine vollständigere Vor-Ort-Überprüfung der aus der Fernerkundung vorliegenden Daten durchzuführen. Dies wäre allein jedoch nicht durchführbar und aufgrund der Topografie des Untersuchungsgebiets auch nahezu unmöglich gewesen.

## 8. Fazit

«Wir stellen immer wieder fest, dass Veränderungen in der Landschaft stattfinden. Das Ausmass und eventuelle Auswirkungen sind nicht immer so einfach nachzuweisen. Daher haben wir überlegt, ob es eine Möglichkeit wäre, im Rahmen einer Bachelorarbeit in einem Teilgebiet verschiedene Methoden anzuwenden, die Rückschlüsse auf das Ausmass der Veränderung geben und auch Rückschlüsse auf die Auswirkung dieser Veränderungen auf die Biodiversität zulassen.» (Angelika Abderhalden, Geschäftsführerin des UNESCO-Biosphärenreservats Engiadina Val Müstair)

Mit der vorliegenden Arbeit ist es gelungen, diese Veränderungen beispielhaft für das Teilgebiet Gemeinde Sent aufzuarbeiten und verfügbar zu machen. Unterschiedliche Methoden wurden eingesetzt und ihre Eignung für die Fernuntersuchung getestet. Erreichbarkeit und Neigung in Wechselwirkung mit agrarpolitischen Entwicklungen sind als wichtige Einflussfaktoren auf die Landschaftsnutzung und die vor Ort vorkommende Biodiversität und daraus folgende Veränderungen der Landschaft, nachgewiesen worden.

## 9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich in dieser Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst richtet sich mein Dank an Herrn Prof. Dr. Felix Kienast, der meine Bachelorarbeit betreut und begutachtet hat. Für die hilfreichen Anregungen, die konstruktive Kritik und das stete, schnelle Antworten jeglicher Fragen bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank gilt Angelika Abderhalden für das Teilen ihres grossen Wissens über Landnutzung, Botanik und das Untersuchungsgebiet sowie die zur Verfügung gestellte Wohnung in der Nähe des Untersuchungsgebietes.

Ebenfalls möchte ich mich bei Christian Rossi und Tobias Kugler bedanken, welche mir beide mit ihrem methodischen Fachwissen dann weitergeholfen haben, wenn ich nicht mehr weiterwusste.

Ausserdem möchte ich Ruth Ramirez für das Korrekturlesen meiner Bachelorarbeit danken.

Abschliessend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

## 10. Literatur

- Abderhalden, A. (2021) «Interview mit Angelika Abderhalden». Zürich.
- Amt für Wald und Naturgefahren (2014) *Richtlinien für die Waldfeststellung im Kanton Graubünden*.
- Anthelme, F. u. a. (2001) «Consequences of green alder expansion on vegetation changes and arthropod communities removal in the northern French Alps», *Forest Ecology and Management*, 145(1–2), S. 57–65. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00574-0.
- Anwander Phan-huy, S. (2000) «Ökologisierung der Agrarpolitik der Schweiz - Historische Entwicklung und erste Beurteilung».
- AP 14-17 BLW (2014) *AP 14-17*. Verfügbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/agrarpolitik/fruehere-reformetappen/ap-14-17.html> (Zugegriffen: 7. Oktober 2021).
- Ballian, D. u. a. (2016) «Pinus mugo in Europe: distribution, habitat, usage and threats.», *European atlas of forest tree species*, (April).
- Baur, B. und Stingelin, K. (1997) «Einheimische, standortgerechte Einzelbäume und Alleen», *Ökologischer Ausgleich und Biodiversität*, S. 60–63. doi: 10.1007/978-3-0348-5059-9\_11.
- Beyeler, A., Meinel, G. und Schumacher, U. (2010) *Arealstatistik der Schweiz—Methodik und aktuelle Ergebnisse*.
- blw.ch AP22+ (2021) *AP 22+*. Verfügbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/agrarpolitik/ap22plus.html> (Zugegriffen: 8. November 2021).
- Brändli, U.-B., Abegg, M. und Allgaier Leuch, B. (2020) *Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017*. Bern: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW: Ziele der AP 2014-2017 (2015) *Die Ziele der Agrarpolitik 2014-2017 können erreicht werden*. Verfügbar unter: <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-57692.html> (Zugegriffen: 7. Oktober 2021).
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW - Botschaft zur AP22+ (2020) *Die Landwirtschaft bereitet sich auf die Herausforderungen von morgen vor*. Verfügbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/services/medienmitteilungen.msg-id-78093.html> (Zugegriffen: 21. Oktober 2021).
- Bundesamt für Umwelt BAFU: Moore (2017) *Moore*. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/massnahmen-zur-erhaltung-und-foerderung-der-biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung/moore.html> (Zugegriffen: 24. Mai 2021).
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz NHG (2020) «Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 (Stand am 1. April 2020)», 1966(April), S. 1–26.
- Club of Rome (1974) «Die Grenzen des Wachstums: Bericht d. Club of Rome zur Lage der Menschheit», 6825, S. 180.
- Dietl, W. (1979) *Standortschlüssel Grünland*.
- Eggenberg, S. u. a. (2001) «Kartierung und Bewertung der Trockenwiesen- und weiden von nationaler Bedeutung», *Schriftenreihe Umwelt Nr. 255*, (325), S. 251.

- Einheimische standortgerechte Einzelbäume und Alleen - agridea (2018) *Einheimische, standortgerechte Einzelbäume und Alleen*. Verfügbar unter: <http://www.bff-sp.ch/de/biodiversitaetsfoerderflaechen/dauerkulturen-und-gehoelze/einheimische-standortgerechte-einzelbaeume-und-alleen/> (Zugegriffen: 2. September 2021).
- Gattlen, N., Klaus, G. und Litsios, G. (2017) «Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung. Ergebnisse des Überwachungssystems im Bereich Biodiversität, Stand 2016.», *BAFU*, 1630, S. 1–60. Verfügbar unter: [www.bafu.admin.ch/uz-1630-d](http://www.bafu.admin.ch/uz-1630-d).
- Gekle, L. und Barderleben, R. (1978) *Nutzen- und Schadenskomponenten bei gepflegter und ungepflegter Brache unter Berücksichtigung verschiedener Flächenumfänge, Standorte und Vorrangfunktionen*. Münster-Hiltrup : Landwirtschaftsverlag.
- Gómez-Sal, A., Rodríguez, M. A. und De Miguel, J. M. (1992) «Matter transfer and land use by cattle in a dehesa ecosystem of Central Spain», *Vegetatio*, 99–100(1), S. 345–354. doi: 10.1007/BF00118241.
- Grootjans, A. . u. a. (1996) « Degeneration of species-rich Calthion palustris hay meadows; some considerations on the community concept », *Journal of Vegetation Science*, 7(2), S. 185–194. doi: 10.2307/3236318.
- Huber, B. und Frehner, M. (2013) «Die Verbreitung und Entwicklung der Grünerlenbestände in der Ostschweiz», *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 164(4), S. 87–94. doi: 10.3188/SZF.2013.0087.
- Jutila, H. (1999) «Effect of grazing on the vegetation of shore meadows along the Bothnian Sea, Finland», *Plant Ecology*, 140(1), S. 77–88. doi: 10.1023/A:1009744117329.
- Kaufmann, E. u. a. (2007) «Schweizerisches Landesforstinventar: Anleitung für die Felddaufnahmen der Erhebung 2004–2007».
- Klaus, G. u. a. (2007) *Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz*. Bern.
- klima.org (2021) *Klima Sent - Klimatabelle*. Verfügbar unter: <https://klima.org/schweiz/klima-sent/> (Zugegriffen: 29. September 2021).
- Küchler, M. u. a. (2007) *Schwyzer Moore im Wandel, Berichte der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft*.
- Mauri, A. und Caudullo, G. (2016) «Alnus viridis in Europe: distribution, habitat, usage and threats», *European Atlas of Forest Tree Species*, (April), S. 68.
- Palmer, M. W. u. a. (2002) «Quantitative tools for perfecting species lists», *Environmetrics*, 13, S. 121–137. doi: 10.1002/env.516.
- Rieder, P. (1997) «Erkenntnisse und Konzepte zur langfristigen Entwicklung der Landwirtschaft im Alpenraum», *disP - The Planning Review*. doi: 10.1080/02513625.1997.10556632.
- Schneider, M. K. (2012) *Minimalnutzungsverfahren zur Offenhaltung der Kulturlandschaft*. Verfügbar unter: [www.agroscope.ch/science](http://www.agroscope.ch/science) (Zugegriffen: 12. Oktober 2021).
- sent-online.ch (2021) *Gemeinde Sent - Geologie*. Verfügbar unter: <http://www.sent-online.ch/geografia/geologia/index.html> (Zugegriffen: 29. September 2021).
- Spatz, G., Fricke, T. und Prock, S. (1993) «Wirtschaftbedingte Vegetationmuster auf Almweiden der Hohen Tauern / Gestion d'un alpage et changement de la végétation dans les Hohe tauern. Autriche», *Revue de géographie alpine*, 81(3), S. 83–93. doi: 10.3406/rga.1993.3721.
- Surber, E., Amiet, R. und Kobert, H. (1974) *Das Brachlandproblem in der Schweiz*. 2. Auflage. Birmensdorf: Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Verfügbar unter:

[https://uzb.swisscovery.sls.ch/discovery/fulldisplay?docid=alma990058472990205508&context=L&vid=41SLSP\\_UZB:UZB&lang=de&search\\_scope=DN\\_and\\_CI&adaptor=Local Search Engine&tab=41SLSP\\_UZB\\_DN\\_and\\_CI&query=any,contains,das brachlandproblem der schweiz&offset=](https://uzb.swisscovery.sls.ch/discovery/fulldisplay?docid=alma990058472990205508&context=L&vid=41SLSP_UZB:UZB&lang=de&search_scope=DN_and_CI&adaptor=Local Search Engine&tab=41SLSP_UZB_DN_and_CI&query=any,contains,das brachlandproblem der schweiz&offset=)  
(Zugegriffen: 26. Mai 2021).

Tasser, E. und Tappeiner, U. (2002) «Impact of land use changes on mountain vegetation», *Applied Vegetation Science*, 5(2), S. 173–184. doi: 10.1111/j.1654-109X.2002.tb00547.x.

Verordnung über den Schutz der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung (1991) *Verordnung über den Schutz der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung*. Verfügbar unter: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910009/index.html>.

Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (1998) *Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft, Bern*.

White, P. S. u. a. (1999) *Wilderness science in a time of change: Disturbance, Scale, and Boundary in Wilderness Management*. Missoula, Montana. Verfügbar unter: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000165332500001> (Zugegriffen: 1. November 2021).

Zimmermann, N. u. a. (2008) «Analyse des Verbuschungsrisikos von TWW-Objekten der Schweiz», *Bundesamt für Umwelt BAFU*.

## 11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Gebüschwälder (rot) in der Schweiz (Brändli, Abegg und Allgaier Leuch, 2020)...	6
Abbildung 2: Gebüschwald, <i>Alnus viridis</i> .....	7
Abbildung 3: Flachmoor in Sent .....	7
Abbildung 4: Verteilung der Flachmoore nationaler Bedeutung (grün) in der Schweiz 2021 ( <a href="https://map.geo.admin.ch/">https://map.geo.admin.ch/</a> ) .....	8
Abbildung 5: Mesobromion/Halbtrockenwiese .....	9
Abbildung 6: Trockenwiesen und -weiden (rot) in der Schweiz 2021 ( <a href="https://map.geo.admin.ch/">https://map.geo.admin.ch/</a> ) .....	9
Abbildung 7: Lage des Dorfes Sent in der Schweiz ( <a href="https://map.geo.admin.ch/">https://map.geo.admin.ch/</a> ) .....	13
Abbildung 8: Punktenetz über der Gemeinde Sent, 200m Abstand zwischen den Punkten .....	14
Abbildung 9: Transekt mit Polygonen für die Heterogenitätuntersuchung.....	17
Abbildung 10: Streifen mit Rechtecken zur Untersuchung der Kleinstrukturen.....	18
Abbildung 11: Steilheitsklassenverteilung des Untersuchungsgebietes .....	19
Abbildung 12: Waldpunkte im Untersuchungsgebiet .....	20
Abbildung 13: Steilheitsklassenverteilung der Waldpunkte .....	20
Abbildung 14: Steilheitsklassenverteilung der Waldpunkte .....	20
Abbildung 15: Verteilung der Wald-Punkte zum 200m Abstand der Strassen .....	20
Abbildung 16: Erstes Jahr, indem eine Fläche neu als Wald gekennzeichnet war.....	20
Abbildung 17: Gebüschwald-Punkte im Untersuchungsgebiet.....	21
Abbildung 18: Steilheitsklassenverteilung Gebüschwald.....	21
Abbildung 19: Steilheitsklassenverteilung Gebüschwald in Prozent .....	21
Abbildung 20: Verteilung der Gebüschwald-Punkte zum 200m Abstand einer Strasse .....	21
Abbildung 21: Erstes Jahr der Zunahme des Deckungsgrades .....	21
Abbildung 22: Flachmoor-Punkte im Untersuchungsgebiet .....	22
Abbildung 23: Steilheitsklassenverteilung der Flachmoore .....	22
Abbildung 24: Steilheitsklassenverteilung der Flachmoore in Prozent.....	22
Abbildung 25: Erreichbarkeit der Flachmoor-Punkte.....	22
Abbildung 26: Erstes Verbuschungsjahr der Flachmoore .....	22
Abbildung 27: Trockenwiesen-Punkte im Untersuchungsgebiet .....	23
Abbildung 28: Erreichbarkeit der Trockenwiesen-Punkte .....	23
Abbildung 29: Steilheitsklassenverteilung der Trockenwiesen.....	23
Abbildung 30: Steilheitsklassenverteilung der Trockenwiesen_in Prozent .....	23
Abbildung 31: Erstes Verbuschungsjahr der Trockenwiesen .....	23
Abbildung 32: Veränderungszeitpunkt aller Kategorien ( <u>Diagramm</u> ).....	24
Abbildung 33: Verteilung aller Punkte im Untersuchungsgebiet.....	24
Abbildung 34: Veränderungszeitpunkt aller Kategorien .....	24
Abbildung 35: Strassennetzabdeckung des Untersuchungsgebietes.....	24
Abbildung 36: Neigung des Untersuchungsgebietes.....	24
Abbildung 37: Summe der veränderten Punkte pro Quadratkilometer .....	25
Abbildung 38: Prozentualer Anteil der veränderten Punkte aller Punkte pro Quadratkilometer .....	25
Abbildung 39: Vegetationskartierung der zwei Flächen .....	26
Abbildung 40: Erreichbarkeit der Untersuchungsflächen .....	26
Abbildung 41: Neigung der Untersuchungsflächen.....	26
Abbildung 42: Standardabweichung der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr .....	27
Abbildung 43: Mittelwert der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr .....	27
Abbildung 44: Spannweite der Pixelwerte pro Rechteck und Jahr .....	27

Abbildung 45: Untersuchte Rechtecke für die Einzelbäume (violett in diejenigen mit Einzelbäumen) .....	28
Abbildung 46: Anzahl Einzelbäume über die Jahre .....	28
Abbildung 47: Berglandschaft mit Kühen .....	30
Abbildung 48: Berglandschaft mit Gebüschwald .....	30
Abbildung 49: Berglandschaft mit Ziegen .....	30
Abbildung 50: Schematische Entwicklung der Landnutzung um eine Siedlung .....	32
Abbildung 51: ArcGIS Model der Punktenetze .....	41
Abbildung 52: ArcGIS Model der Aggregation der Punkte .....	41
Abbildung 53: : ArcGIS Model zur Spectral Variation (Übersicht) .....	42
Abbildung 54: : ArcGIS Model zur Spectral Variation (oben links) .....	43
Abbildung 55: ArcGIS Model zur Spectral Variation (oben rechts) .....	43
Abbildung 56: ArcGIS Model zur Spectral Variation (unten) .....	44
Abbildung 57: ArcGIS Model der Erreichbarkeits-Untersuchung .....	45
Abbildung 58: ArcGIS Model zur Neigungsuntersuchung .....	46
Abbildung 59: ArcGIS Model zur Wald- und Neigung-Untersuchung .....	46
Abbildung 60: ArcGIS Model zur Gebüschwald- und Neigung-Untersuchung .....	46
Abbildung 61: ArcGIS Model zur Flachmoor- und Neigung-Untersuchung .....	47
Abbildung 62: ArcGIS Model zur Trockenwiesen- und Neigung-Untersuchung .....	47
Abbildung 63: Standardabweichung der Pixelwerte mit R2 .....	48
Abbildung 64: Durchschnittliche Standardabweichung pro Rechteck .....	49
Abbildung 65: Durchschnittliche Standardabweichung pro Jahr .....	49
Abbildung 66: Erreichbarkeit der Rechtecke für die Untersuchung der Spektralen Standardabweichung .....	50
Abbildung 67: Neigung der Rechtecke für die Untersuchung der spektralen Standardabweichung .....	51

Alle Abbildungen, welche keine Quelle in der Abbildungsbeschriftung enthalten, sind von der Autorin selbst erstellte (in ArcGIS Pro und Microsoft Excel), fotografierte und gezeichnete Abbildungen.

## 12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der genutzten Daten .....	14
Tabelle 2: Wald-Punkte .....	52
Tabelle 3: Gebüschwald-Punkte .....	54
Tabelle 4: Flachmoor-Punkte .....	56
Tabelle 5: Trockenwiesen und -weiden-Punkte .....	57
Tabelle 6: Einzelbäume .....	59



13. Anhang  
13.1 ArcGIS Models



Abbildung 51: ArcGIS Model der Punktenetze



Abbildung 52: ArcGIS Model der Aggregation der Punkte

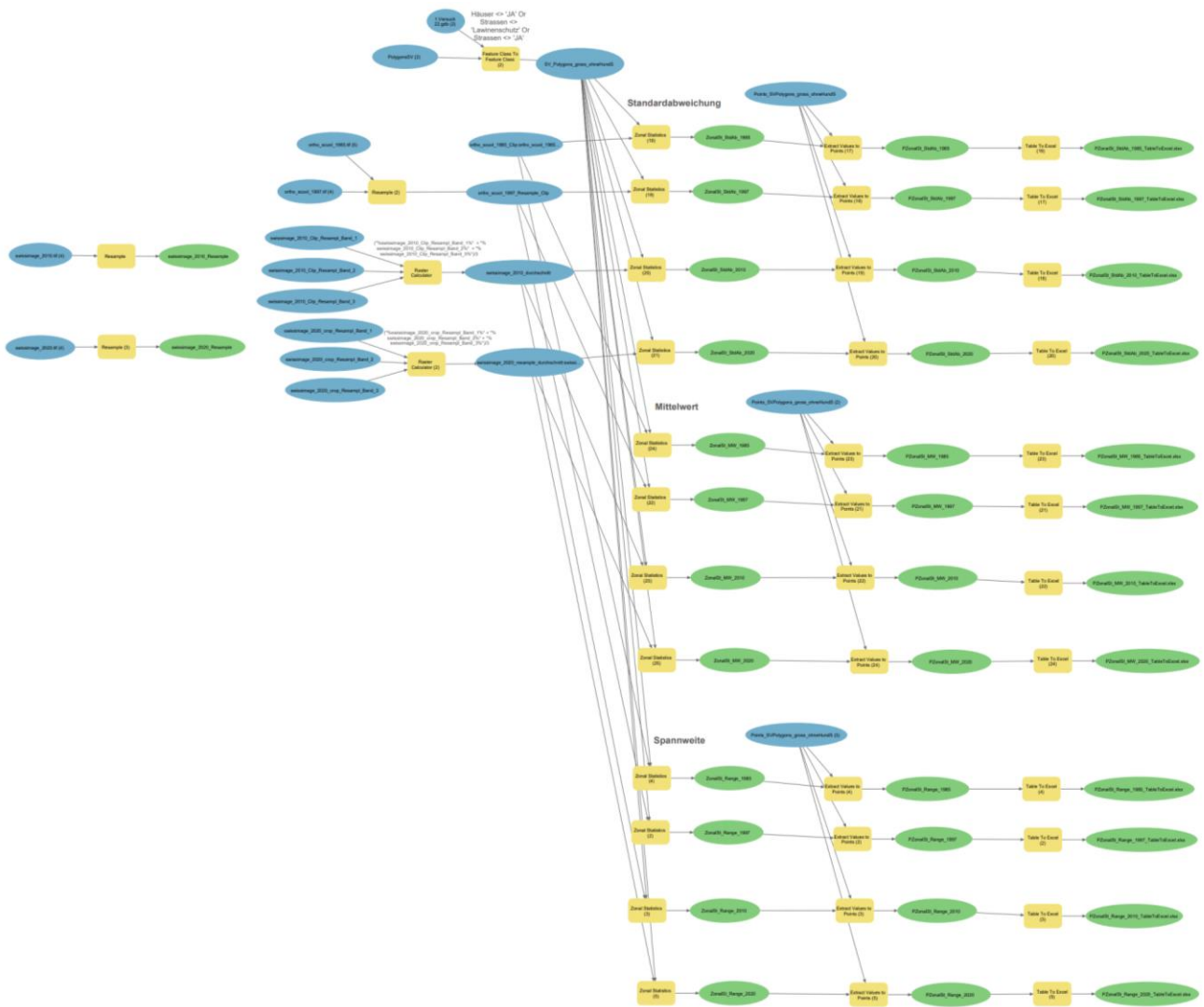


Abbildung 53: ArcGIS Model zur Spectral Variation (Übersicht)

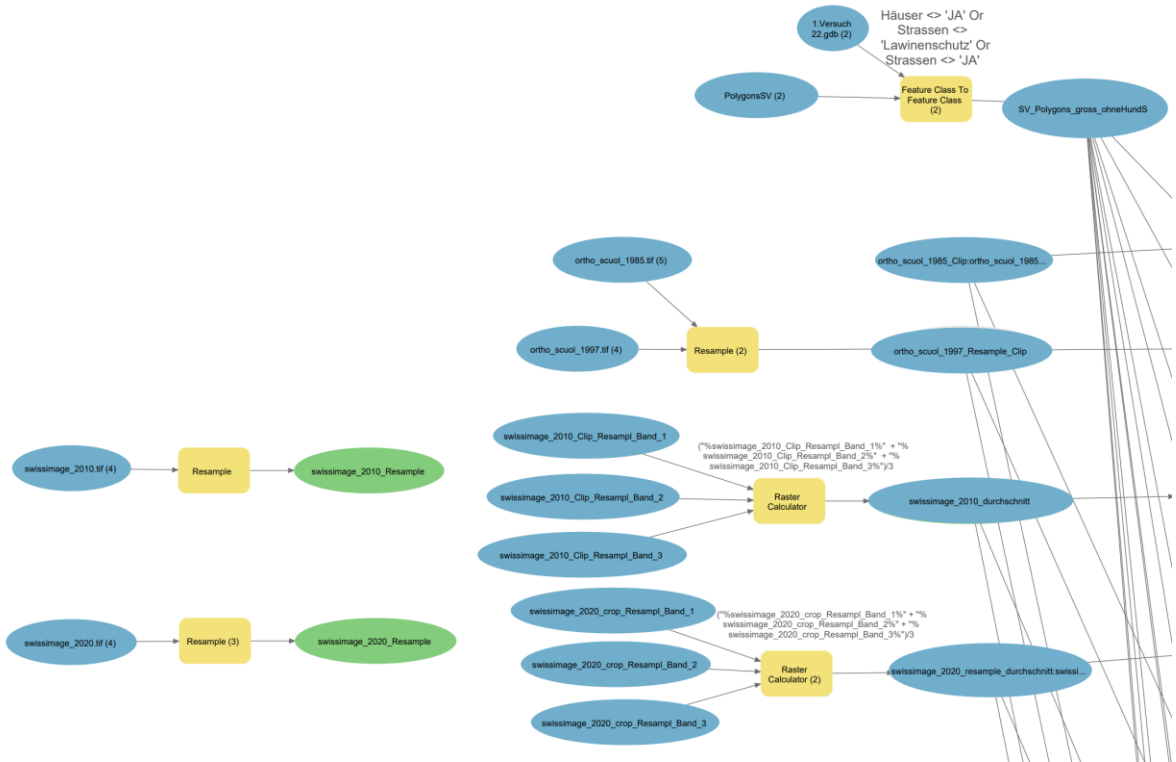


Abbildung 54: ArcGIS Model zur Spectral Variation (oben links)

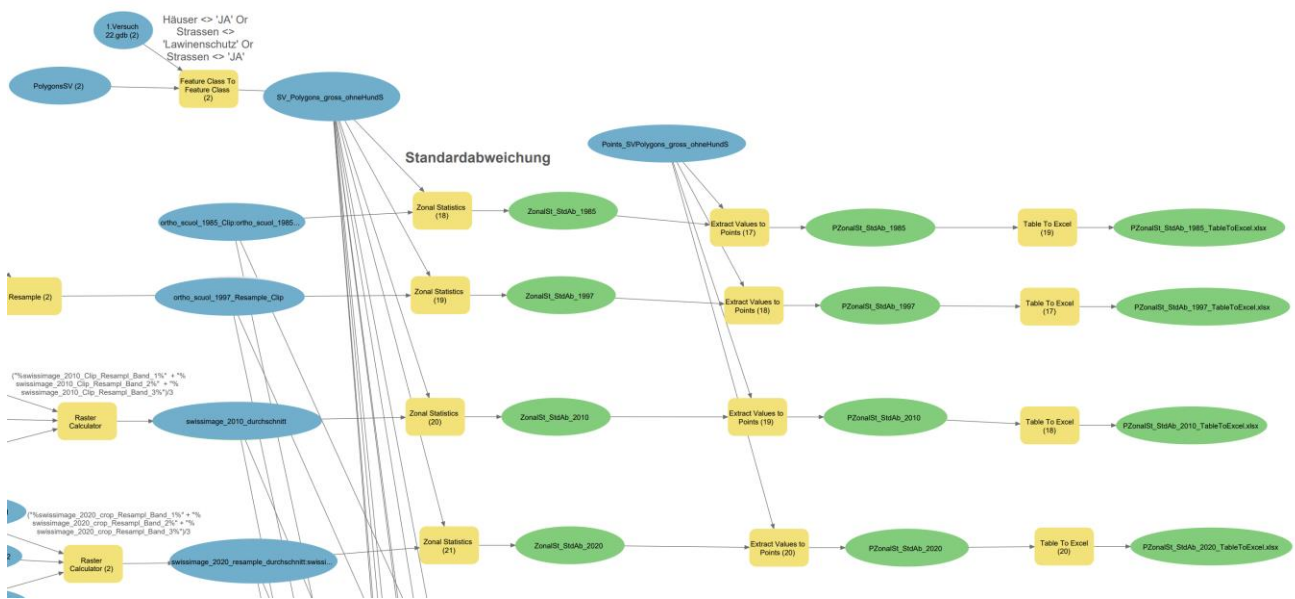


Abbildung 55: ArcGIS Model zur Spectral Variation (oben rechts)

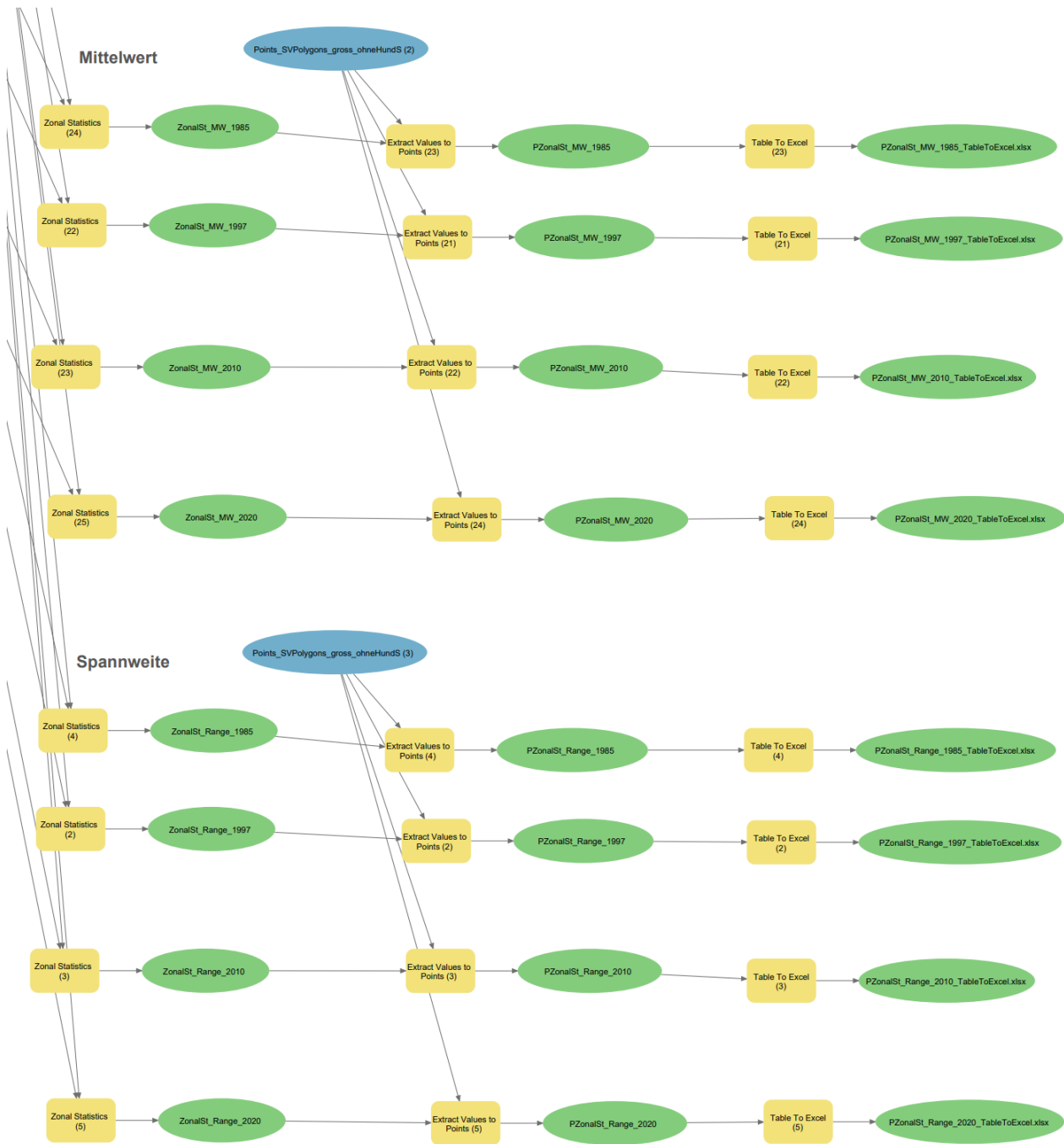


Abbildung 56: ArcGIS Model zur Spectral Variation (unten)

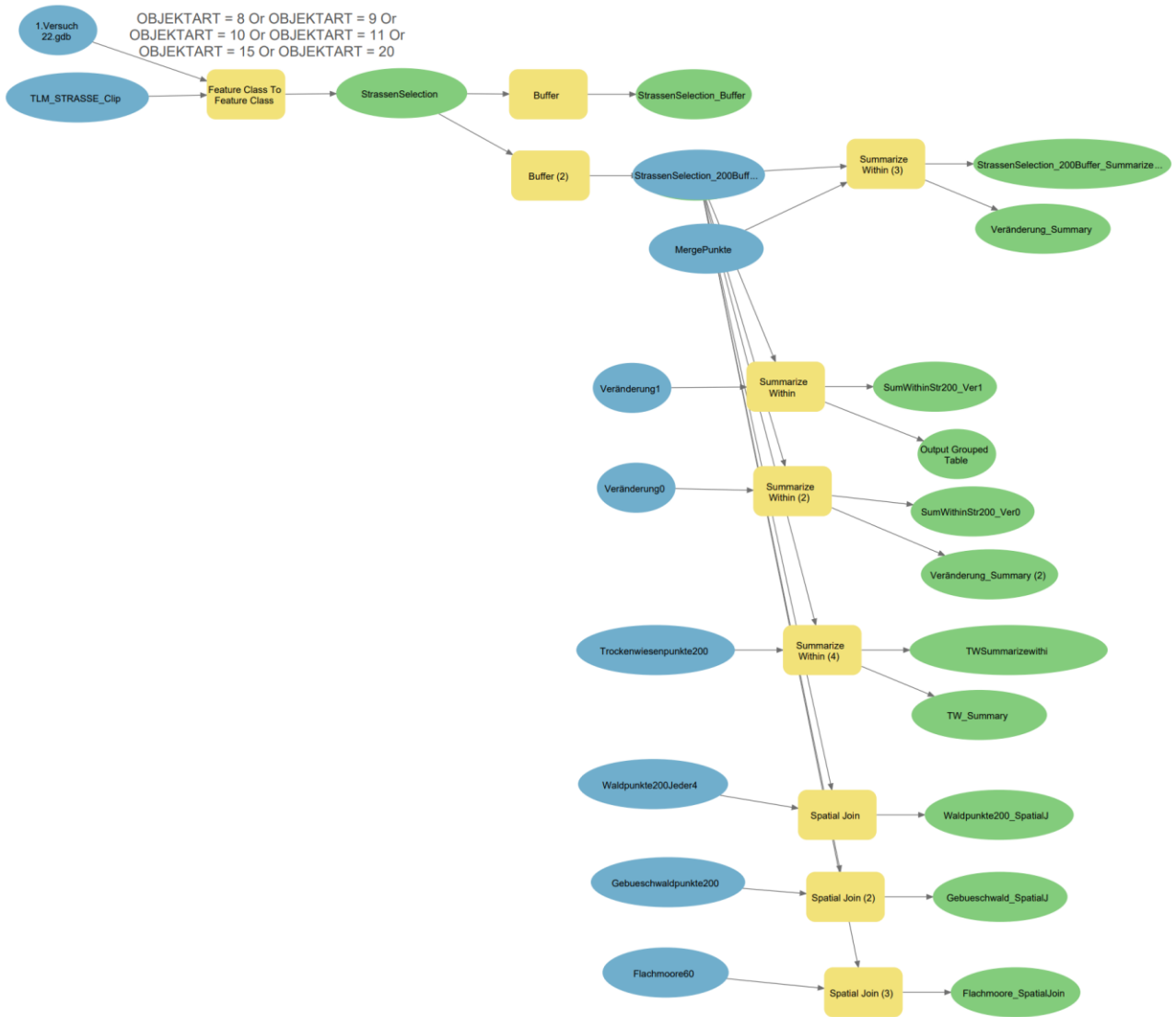


Abbildung 57: ArcGIS Model der Erreichbarkeits-Untersuchung

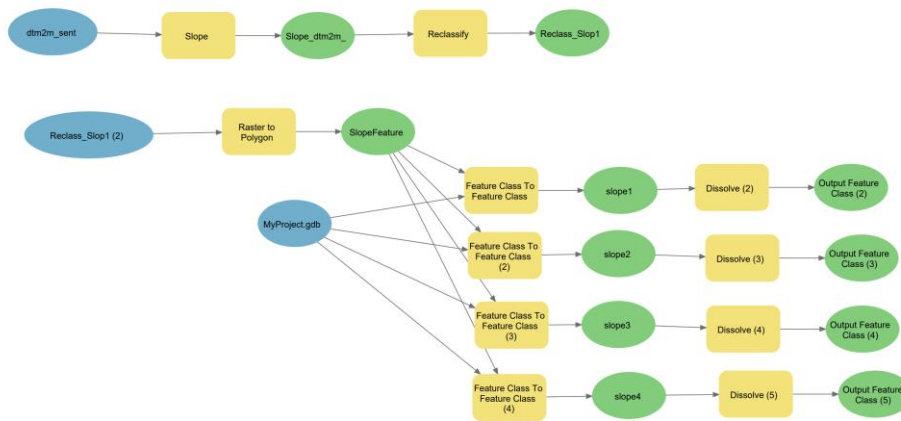


Abbildung 58: ArcGIS Model zur Neigungsuntersuchung



Abbildung 59: ArcGIS Model zur Wald- und Neigung-Untersuchung

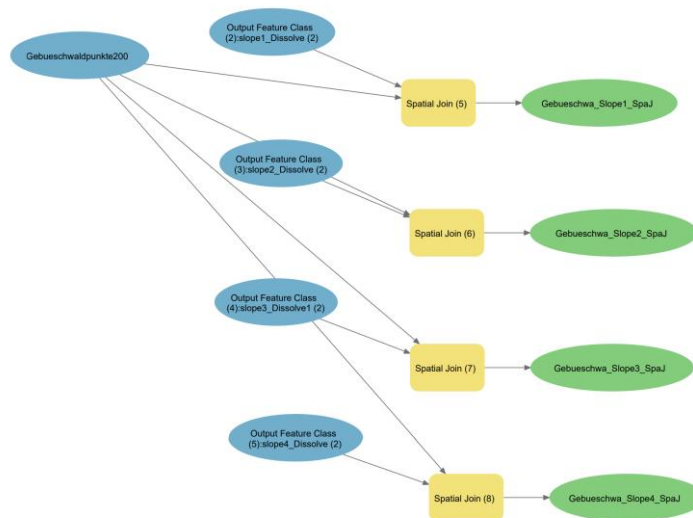


Abbildung 60: ArcGIS Model zur Gebüschwald- und Neigung-Untersuchung



Abbildung 61: ArcGIS Model zur Flachmoor- und Neigung-Untersuchung

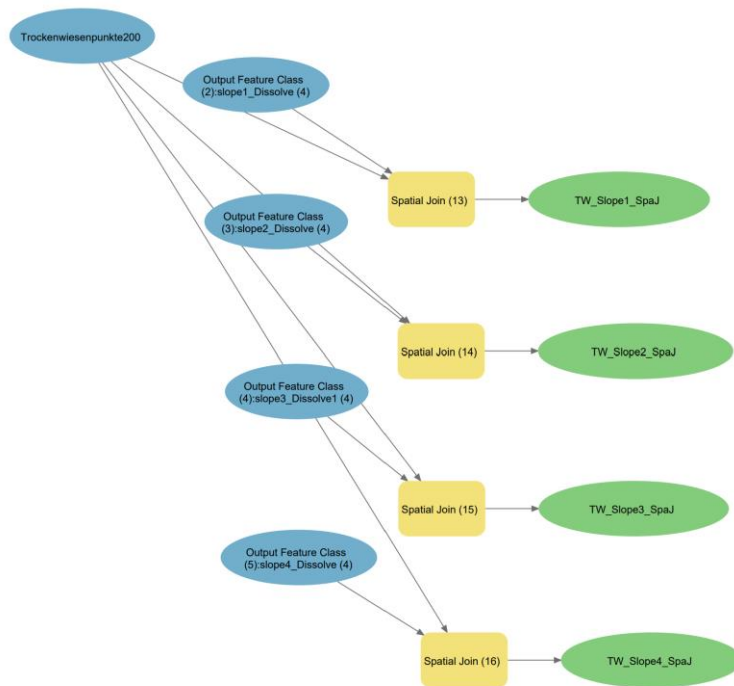


Abbildung 62: ArcGIS Model zur Trockenwiesen- und Neigung-Untersuchung

## 13.2 Spectral Variation

Tabelle 2: Standardabweichung der Untersuchungsrechtecke

OBJECTID	1985	1995	2010	2020	MEAN
1	20.48756027	18.4898777	23.45491791	32.32964706	23.6905
2	16.67666817	21.28159904	22.52560806	32.69545746	23.29483
3	18.27549362	17.11946106	12.25075054	25.81480408	18.36513
4	17.3842659	15.61495399	8.873259544	26.70263672	17.14378
5	11.9817276	11.44149113	6.770566463	22.09202194	13.07145
6	30.49169731	33.41794968	19.53291702	34.26172638	29.42607
7	35.76337433	46.8469696	30.61740875	50.75559235	40.99584
8	32.74741364	49.43102646	28.31531143	38.32395554	37.20443
9	27.09930038	39.74923325	27.04582596	37.98439026	32.96969
10	22.23624039	39.81592941	28.73051262	43.09590149	33.46965
MEAN	23.31437416	29.32084913	20.81170783	34.40561333	

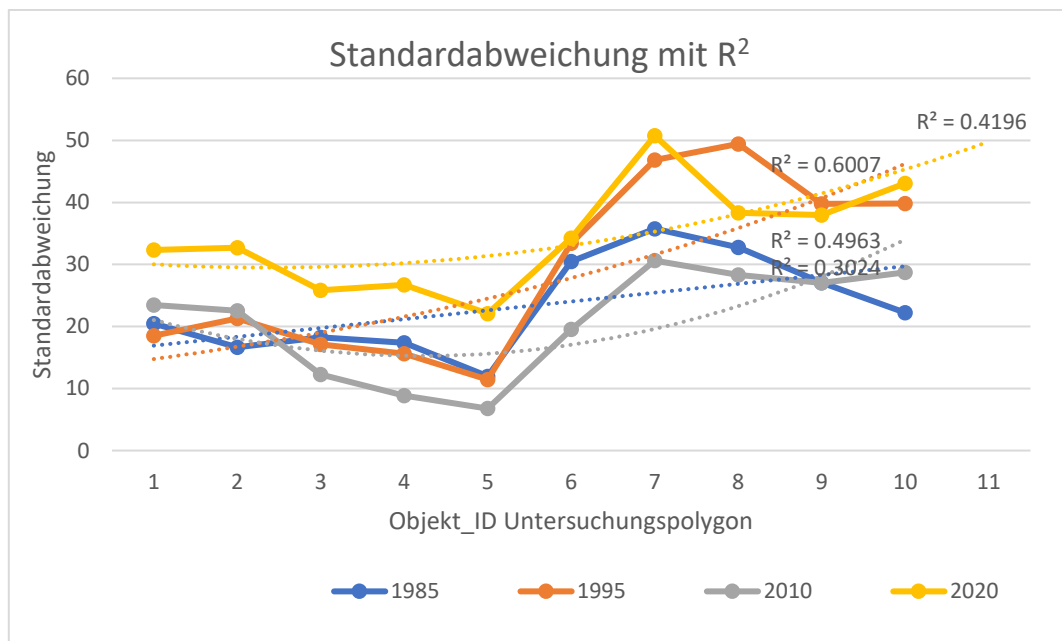


Abbildung 63: Standardabweichung der Pixelwerte mit  $R^2$



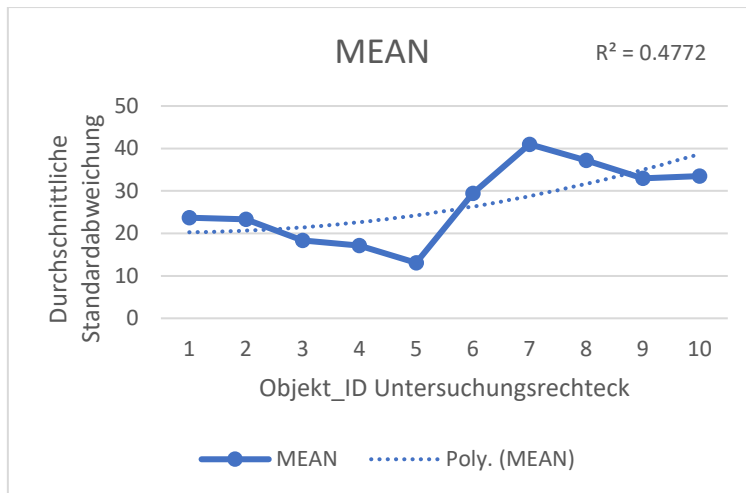


Abbildung 64: Durchschnittliche Standardabweichung pro Rechteck

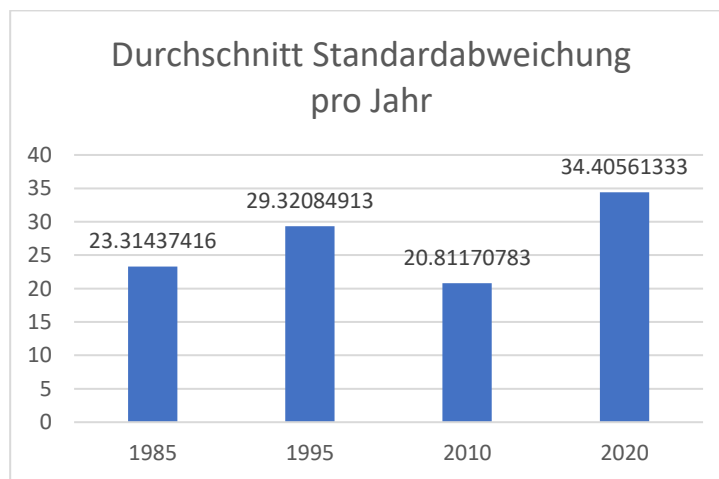


Abbildung 65: Durchschnittliche Standardabweichung pro Jahr

Tabelle 3: Mittelwerte der Rechtecke

OBJECTID	1985	1995	2010	2020
1	133.516571	151.302261	88.1524429	72.3293228
2	120.129562	149.578293	90.4490814	81.1348267
3	126.269203	159.097855	99.4296875	101.707207
4	129.291443	163.360443	100.529793	102.822716
5	146.742737	162.644409	100.883797	103.038025
6	176.407318	148.379807	103.826279	71.916214
7	159.036545	114.710777	87.9525299	81.5018616
8	167.612869	121.162292	87.59272	50.8669815
9	179.196167	144.458649	93.1775665	61.6960449
10	189.024124	156.262909	104.209015	73.2366867

Tabelle 4: Spannweiten der Rechtecke

OBJECTID	1985	1995	2010	2020
1	133.516571	151.302261	88.1524429	72.3293228
2	120.129562	149.578293	90.4490814	81.1348267
3	126.269203	159.097855	99.4296875	101.707207
4	129.291443	163.360443	100.529793	102.822716
5	146.742737	162.644409	100.883797	103.038025
6	176.407318	148.379807	103.826279	71.916214
7	159.036545	114.710777	87.9525299	81.5018616
8	167.612869	121.162292	87.59272	50.8669815
9	179.196167	144.458649	93.1775665	61.6960449
10	189.024124	156.262909	104.209015	73.2366867

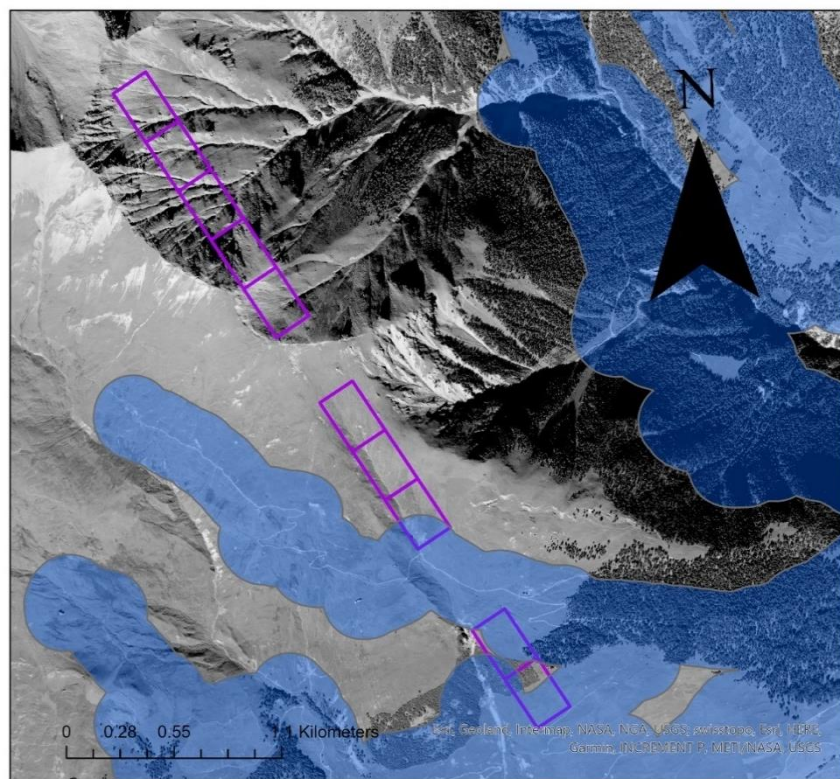


Abbildung 66. Erreichbarkeit der Rechtecke für die Untersuchung der Spektralen Standardabweichung

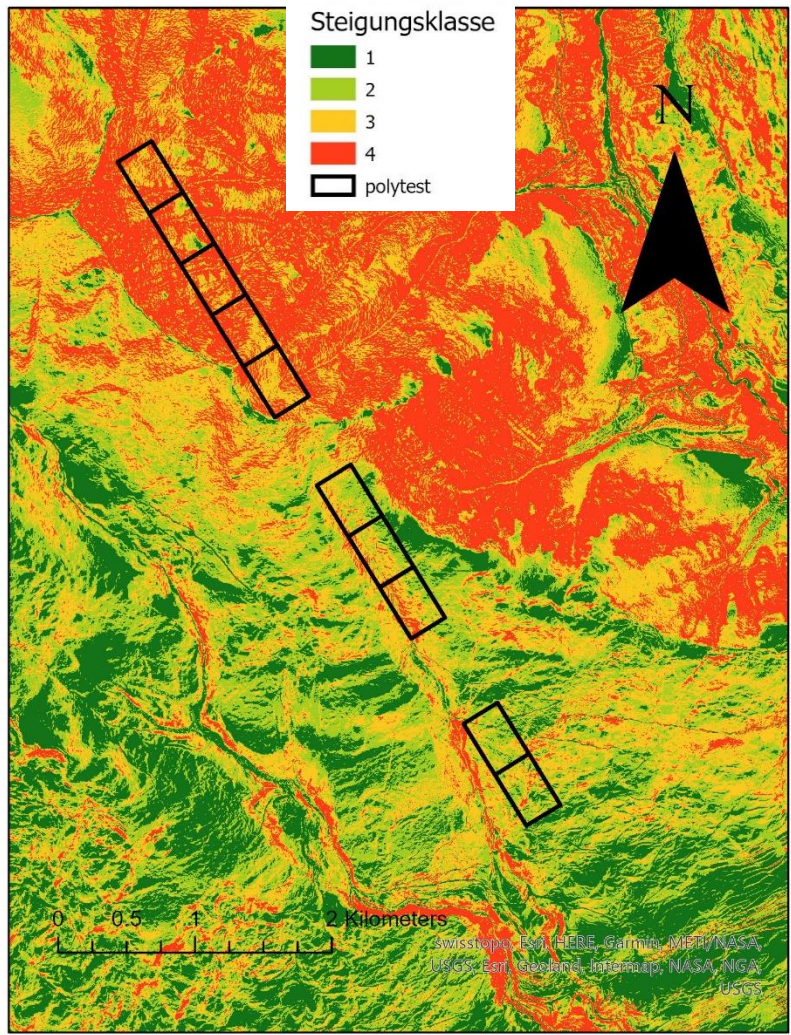


Abbildung 67: Neigung der Rechtecke für die Untersuchung der spektralen Standardabweichung



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

13.3 Excel Tabellen

Tabelle 5:Wald-Punkte

Punktnummer	1985 (Wald Ja/Nein)	Bemerkung 1985	1997 (Wald Ja/Nein)	Bemerkung 1997	2010		2014	2020		Veränderung JA/Nein	Erstes Jahr wo neu Wald
210.01	1		1		1		1	1		0	0
210.05	1		1		1		1	1		0	0
210.09	1		1		1		1	1		0	0
210.13	1		1		1		1	1		0	0
210.17	1	Lichter als 2020/2019	1	Lichter als 2020/2019	1		1	1		0	0
210.21	1		1		1		1	1		0	0
210.25	1		1		1		1	1		0	0
210.29	0		0		1	lichter als 2020, knapp 0.5 Deckungsgrad	1	1	Sehr licht	1	2010
210.33	1		1		1		1	1		0	0
210.37	1		1		1	deutlich lichter als alle anderen	1	1		0	0
210.41	0		0		1	knapp	1	1		1	2010
210.45	1		1		1		1	1		0	0
210.49	1		1		1		1	1		0	0
210.53	1		1		1		1	1		0	0
210.57	1		1		1		1	1		0	0
210.61	1		1		1		1	1		0	0
210.65	1		1		1		1	1		0	0
210.69	1		1		1		1	1		0	0
210.73	1		1		1		1	1		0	0
210.77	1		1		1	deutlich lichter als alle anderen	1	1		0	0
210.81	1		1		1		1	1		0	0

210.85	1		1		1	deutlich lichter als alle anderen	1	1		0	0
210.89	1		1		1		1	1		0	0
210.93	1	knapp 0.5	1		1		1	1		0	0
210.97	1		1		1		1	1		0	0
210.101	1		1		1		1	1		0	0
210.105	1		1		1		1	1		0	0
210.109	0		0		0		1	1	knapp 0.5	1	2014
210.113	1		1		1		1	1		0	0
210.117	1		1		1		1	1		0	0
210.121	1		1		1		1	1		0	0
210.125	1		1		1		1	1		0	0
210.129	1		1		1		1	1		0	0
210.133	1		1		1		1	1		0	0
210.137	1		1		1		1	1		0	0
210.141	1		1		1		1	1		0	0
210.145	1		1		1		1	1		0	0
210.149	1		1		1		1	1		0	0
210.153	1		1		1		1	1		0	
210.157	1		1		1		1	1		0	0
210.161	1		1		1		1	1		0	0
210.165	1		1		1		1	1		0	0
210.169	1		1		1		1	1		0	0
210.173	1		1		1		1	1		0	0
210.177	1		1		1		1	1		0	0
210.181	1		1		1		1	1		0	0
210.185	1		1		1		1	1		0	0
210.189	1		1		1		1	1		0	0
210.193	1		1		1		1	1		0	0
210.197	1		1		1		1	1		0	0
210.201	1		1		1		1	1		0	0
210.205	1		1		1		1	1		0	0
210.209	1	knapp 0.5	1		1		1	1		0	0

210.213	1	Gebüschwald?	1		1		1	1		0	0
210.217	1		1		1		1	1		0	0
210.221	1		1		1		1	1		0	0

Tabelle 6: Gebüschwald-Punkte

Punktnummer	1985	Bemerkung 1985	1997 (dichter als vorher ja/nein)	Bemerkung 1997	2010 (dichter als vorher ja/nein)	Bemerkung 2010		2020 (dichter als vorher ja/nein)	Bemerkung 2020	Veränderung JA/Nein	Erstes Jahr wo dichter
212.01	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.02	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.03	0		1		0		Gebüschwald	0		1	1997
212.04	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.05	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.06	0		1		1		Gebüschwald	0		1	1997, 2010
212.07	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.08	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.09	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.1	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.11	0		0		1		Gebüschwald	0		1	2010
212.12	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.13	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.14	0		1		1	also vor allem dichter, waldiger	Gebüschwald	1	also vor allem dichter, waldiger	1	1997, 2010, 2020
212.15	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.16	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.17	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.18	0		0		0		Gebüschwald	0	einfach schwarz	0	0
212.19	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.2	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.21	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0

212.22	0		0		1	minimer Unterschied	Gebüschwald	1	minimer Unterschied	1	2010,2020
212.23	0		1		0		Gebüschwald	0	auch sehr schwierig, teilweise einfach schwarz	1	1997
212.24	0		0		0		Gebüschwald	0	schwierig, weil bei der Hälfte der Bilder im Schatten, Bewaldung nimmt ab und wieder zu von der Höhe	0	0
212.25	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.26	0		1		0		Gebüschwald	1		1	1997, 2020
212.27	0		1		1	Viele neue Bäume	Gebüschwald	0		1	1997, 2010
212.28	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.29	0		0	weniger als vorher weil Steinrutsch	1	evtl. nur die Fläche, die vorher weggerutscht ist	Gebüschwald	0	0	1	2010
212.3	0		0		1		Gebüschwald	1	0	1	2010, 2020
212.31	0		0		1		Gebüschwald	1		1	2010, 2020
212.32	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.33	0		0	weniger als vorher weil Steinrutsch	0		Gebüschwald	0		0	0
212.34	0		1		1		Gebüschwald	0		1	1997, 2010
212.35	0		0		0		Gebüschwald	1	Einfach ein wenig dichter	1	2020
212.36	0		1		0		Gebüschwald	0		1	1997
212.37	0		0		0		Gebüschwald	1		1	2020
212.38	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.39	0		1		1		Gebüschwald	0		1	1997, 2010
212.4	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.41	0	ist mehr hier, wahrscheinlich hat es einen Erdbeben oder so gegeben, Gebüschwald zu Lockergestein	0		0		Gebüschwald	0		0	0

212.42	0	ist mehr hier, wahrscheinlich hat es einen Erdrutsch oder so gegeben, Gebüschwald zu Lockergestein	0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.43	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.44	0		1		1		Gebüschwald	1		1	1997, 2010, 2020
212.45	0		1		1		Gebüschwald	1		1	1997, 2010, 2020
212.46	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0
212.47	0		0		0		Gebüschwald	0		0	0

Tabelle 7: Flachmoor-Punkte

Punktnummer	1985 Verbuschung (ja/nein)	Bemerkung 1985	1997 Verbuschung (ja/nein)	Bemerkung 1997	2010 Verbuschung (ja/nein)	Bemerkung 2010	2020 Verbuschung (ja/nein)	Bemerkung 2020	Veränderung Ja/Nein	Erstes Jahr, wo Veränderung auftritt
410.01	0		0		0		1		1	2020
410.02	0		0		0		0		0	0
410.03	0		0		0		0		0	0
410.04	0		0		0		0		0	0
410.05	0		0		0		0		0	0
410.06	0		0		0		0		0	0
410.07	0		0		0		0		0	0
410.08	0		0		0		0		0	0
410.09	0		0		0		0		0	0
	1		1		1		1		1	1985
410.11	0		0		0		0		0	0
410.12	0		0		0		0		0	0
410.13	0		0		0		0		0	0
410.14	0		0		0		0		0	0
410.15	0		0		0		0		0	0



410.16	0		0		1		1		1	2010
410.17	0		0		1		1		1	2010
410.18	0		0		0		0		0	0
410.19	0		0		0		0		0	0
410.2	0		0		1		1		1	2010
410.21	0		0		0		0		0	0
410.22	0		0		0		0		0	0
410.23	0		0		0		0		0	0
410.24	0		0		0		1		1	2020
410.25	0		0		0		0		0	0
410.26	0		0		0		0		0	0
410.27	1		1		1		1		1	1985
410.28	1		1		1		1		1	1985
410.29	0		1		1		1		1	1997
410.3	0		0		0		0		0	0
410.31	0		0		0		0		0	0
410.32	1		1		1		1		1	1985
410.33	0		0		0		0		0	0
410.34	0		0		0		0		0	0

Tabelle 8: Trockenwiesen und -weiden-Punkte

Punktnummer	1985 Verbuschung (ja/nein)	Bemerkung 1985	1997	Bemerkung 1997	2010	Bemerkung 2010	2013	2020	Bemerkung 2020	Veränderung Ja/Nein	Erstes Jahr wo Verbuschung auftritt
440.01	0		0		0		1	1		1	2013
440.02	0		0		0		0	0		0	0
440.03	0		0		0		0	1		1	2020
440.04	0		0		0		0	0		0	0
440.05	0		1		1		1	1		1	1997
440.06	0		1		1		1	1	verwaldet	1	2010
440.07	0		0		1		1	1		1	2010

440.08	0		0		0		0	0		0	0
440.09	0		0		0		0	0		0	0
440.1	0		0		0		0	0		0	0
440.11	0		1		1		1	1		1	1997
440.12	0		0		0		1	1		1	2013
440.13	0		0		0		0	0		0	0
440.14	1		1		1		1	1		1	1985
440.15	0		0		0		0	0		0	0
440.16	0		0		0		0	0		0	0
440.17	0		0		0		0	0		0	0
440.18	0		1	Waldrand hat sich in Trockenwiese ausgebreitet	1	Waldrand hat sich in Trockenwiese ausgebreitet	1	1	Waldrand hat sich in Trockenwiese ausgebreitet	1	1997
440.19	0		0		1		1	1		1	2010
440.2	0		0		0		0	0		0	0
440.21	0		0		1		1	1		1	2010
440.22	0		0		0		0	0		0	0
440.23	0		1		1		1	1		1	1997
440.24	1		1		1		1	1		1	1985
440.25	0		0		0		0	0		0	0
440.26	0		1		1		1	1	Waldrand hat sich in Trockenwiese ausgebreitet	1	1997
440.27	0		1		1		1	1		1	1997

Tabelle 9: Einzelbäume

ObjectID	1985 Anzahl Einzelbäume	Bemerkung 1985	1997	Bemerkung	2010	Bemerkung 2010	2020	Bemerkung 2020	Bemerkung allgemein	Ja/Nein	Erstes Jahr wo Bäume vorkommen
1	0	Baumgruppe nicht dazugezählt	0		0		0		Ist noch im Dorf, Bäume sind in den Gärten	0	0
2	0		0		0		0			0	0
3	0		0		0		0			0	0
4	0		0		0		0			0	0
5	0		0		0		0			0	0
6	0		0		0		0			0	0
7	0		0		0		0			0	0
8	0		0		0		0			0	0
9	0		0		0		0			0	0
10	0		0		0		0			0	0
11	0		0		0		0			0	0
12	0		0		0		0			0	0
13	0		0		0		0			0	0
14	0		0		0		0			0	0
15	0		0		0		0			0	0
16	0		0		0		0			0	0
17	0		0		0		0			0	0
18	0		0		2		10		Sieht eher aus wie Büsche, Auf Trockenwiese	1	2010
19	0		0		0		0			0	0
20	0		0		0		0			0	0
21	0		0		0		0			0	0
22	0		0		0		0			0	0
23	0		0		0		4		Trockenwiese	1	2020
24	0		0		0		0		sehr interessant, 1985 noch lichter Wald, heute dicht, dafür paar Einzelbäume vorne drann -> noch überlegen wie eintragen	0	0

25	0		0		0		2		Trockenwiese	1	2020
26	0		0		0		0			0	0
27	0		0		0		0			0	0
28	0		0		0		0			0	0
29	0		0		0		0			0	0
30	0		0		0		0			0	0
31	0		0		0		0			0	0
32	0		0		0		0			0	0
33	0		0		0		0			0	0
34	0		0		0		0			0	0
35	0		0		0		0			0	0
36	0		0		0		0			0	0
37	0		0		0		0			0	0
38	0		0		0		0			0	0
39	0		0		0		0			0	0
40	0		0		0		0			0	0
41	0		0		0		0			0	0
42	0		0		0		0			0	0
43	0		0		0		0			0	0
44	0		0		0		0			0	0
45	0		0		0		0			0	0
46	0		0		0		0			0	0
47	0		0		2		5		Einzelbäume/Bäusche haben zugenommen, aber auf Kosten von Trockenwiese	1	2010
48	0		0		0		0			0	0
49	0		0		0		0			0	0
50	0		0		0		0			0	0
51	0		0		0		0			0	0
52	0		0		0		0			0	0
53	0		0		0		3			1	2020
54	0		0		0		0			0	0
55	0		0		0		0			0	0

56	0		0		0		0			0	0
57	0		0		0		0			0	0
58	0		0		3		4		Ist im Dorf, hat zwar mehr Einzelbäume später aber ist auch mehr verbaut	1	2010
59	0		0		0		0			0	0
60	10		10		10		10		Im Dorf	1	1985
61	0		0		0		0			0	0
62	0		0		0		0			0	0
63	0		0		0		0			0	0
64	0		0		0		0			0	0
65	0		0		0		0			0	0
66	0		0		0		0			0	0
67	0		0		0		0			0	0
68	0		0		0		0			0	0
69	0		0		0		0			0	0
70	0		0		0		0			0	0
71	0		0		1		2		Trockenwiese	1	2010
72	0		0		0		3		Trockenwiese	1	2020
73	0		0		0		3			1	2020
74	0		0		0		0			0	0
75	0		0		0		0			0	0
76	0		0		0		0			0	0
77	0		0		0		0		sehr interessant, 1985 noch lichter Wald, heute dicht, dafür paar Einzelbäume vorne drann	0	0
78	0		0		0		0			0	0
79	0		0		0		0			0	0
80	0		0		0		0			0	0
81	0		0		0		0			0	0
82	0		0		0		0			0	0
83	0		0		0		0			0	0
84	0		0		0		0			0	0

85	0		0		0		0			0	0
86	0		0		0		0			0	0
87	0		0		0		0			0	0
88	0		0		0		0			0	0
89	0		0		0		0			0	0
90	0		0		3	sehr klein, Büsche	4	definitiv Bäume	Trockenwiese	1	2010
91	0		0		0		0			0	0
92	0		0		0		0			0	0
93	0		0		0		0			0	0
94	0		0		0		0			0	0
95	0		0		0		0			0	0
96	0		0		0		0			0	0
97	0		0		0		0			0	0



## Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

### 13.4 Kurzinterview mit Angelika Abderhalden

#### **Wieso hast du dich entschieden diese Bachelorarbeit in Auftrag zu geben?**

«Wir stellen immer wieder fest, dass Veränderungen in der Landschaft stattfinden. Das Ausmass und eventuelle Auswirkungen sind nicht immer so einfach nachzuweisen. Daher haben wir überlegt, ob es eine Möglichkeit wäre, im Rahmen einer Bachelorarbeit in einem Teilgebiet verschiedene Methoden anzuwenden die Rückschlüsse auf das Ausmass der Veränderung geben und auch Rückschlüsse auf die Auswirkung dieser Veränderungen auf die Biodiversität zulassen.»

#### **Was sind für dich die Hauptanzeichen, dass die Biodiversität im Unterengadin zurückgegangen ist?**

«Die Änderung in den gemähten Wiesen ist auffällig. Es sind in der Umgebung der Dörfer nicht mehr sehr viele Wiesen anzutreffen, die eine artenreiche Flora haben. Damit einhergehend geht auch die Vielfalt der Insekten, Vögel und weiterer Tierarten zurück. Auch das Verschwinden der Lerche in der Talebene ist eines der Hauptanzeichen, die auffallen.»

#### **Wo siehst du die grössten Herausforderungen der Landschaftsnutzungsänderungen im Unterengadin?**

«Viele Nutzungen werden durch die Politik gesteuert. Sei dies durch die Landwirtschaftspolitik aber auch durch die Raumplanung. Die Auswirkung z.B. der Landwirtschaftspolitik ist immer relativ langfristig zu spüren. Ein Beispiel sind z.B. die modernen Stallbauten und die damit verbundene Nutzung. Es fällt z.B. vor allem noch Gülle an und dies hat sicher eine Auswirkung auf die Nutzung der Landschaft.»

#### **Wie hat die AP2014-2017 die Bäuer\*innen und die Landschaftsnutzung in Sent beeinflusst?**

«Schwierig zu sagen, da dies noch eine recht junge Entwicklung ist. Was jedoch auffällt ist, dass durch die AP14/17 der Druck auf die landwirtschaftlichen Flächen gestiegen ist, da die Direktzahlungen seitdem auf die Fläche bezogen ist. Dies ist jedoch vermutlich nicht typisch für Sent, sondern ganz allgemein für alle Landwirt\*innen so.»

«Die Akzeptanz von Strukturen ist vermutlich durch die AP14/17 eher gestiegen, wobei dies nicht sicher belegt werden kann...»

#### **Was für Massnahmen fändest du sinnvoll, um die Biodiversität zu erhalten/regenerieren?**

«Indem man die Direktzahlungen so gestalten könnte wie es die AP 22+ vorgesehen hätte. Also z.B. könnten Biodiversitätsbetriebe Massnahmen umsetzen, die nicht im jetzigen Direktzahlungssystem Platz haben. Landwirt\*innen sollten selbst mehr Verantwortung übernehmen dürfen, für die Erhaltung der Biodiversität.»

#### **Was für Zukunftsszenarien kannst du dir für die Landschaft im Unterengadin vorstellen?**

«Erhaltung und vielleicht auch Erhöhung der Anzahl an kleinen Landwirtschaftsbetrieben, die die Möglichkeit hätten, sich für die Biodiversitäts- und Landschaftsqualitätsförderung im Speziellen einzusetzen. Damit könnte zumindest auf einer grossen Fläche die Strukturvielfalt und Biodiversität erhalten werden. Dies wirkt sich auf die gesamte Landschaft aus. Insgesamt würde ich das Szenarium eher als 'Erhaltung' sehen, es aber nicht museal, sondern mit innovativen Projektideen, wie die Kulturlandschaft nachhaltig genutzt werden könnte.»

## 13.5 Zeigerpflanzen für die Felduntersuchung

### *Trockenwiese*

- *Onobrychis montana* (Bergesparsette)
- *Hippocrepis comosa* (Hufeisenklee)
- *Nardus stricta* (Borstgras)
- *Carlina acaulis* subsp. *caulescens* (Silberdistel)
- *Plantago media* (Mittlerer Wegerich)
- *Trifolium montanum* (Berg – Klee)
- *Sesleria caerulea* (Blaugras)

### *Flachmoor*

- *Trollius europaeus* (Trollblume)
- *Carex flacca* (Schlaffe Segge)
- *Apiaceae* sp.
- *Carex flacca* (Schlaffe Segge)
- *Molinia caerulea* (Blaues Pfeifengras)
- *Eriophorum* sp. (Wollgras)
- *Potentilla erecta* (Fingerkraut)

### *Fettzeiger/Fettwiese*

- *Dactylis glomerata* (Knautgras)
- *Silene vulgaris* (Klatschnelke)
- *Heracleum sphondylium* (Wiesen-Bärenklau)



### 13.6 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** (in Druckschrift):

Nutzungsänderungen der Landschaft im Unterengadin und ihre Auswirkungen auf die Biodiversität in der Gemeinde Sent

**Verfasst von** (in Druckschrift):

*Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.*

**Name(n):**

Rödlach

**Vorname(n):**

Simona

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**

Glattbrugg, 27.10.2021

**Unterschrift(en)**

S. Rödlach